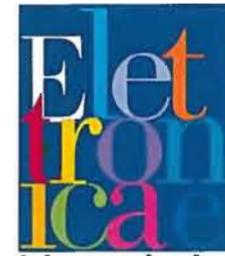
ISBN 88-397-1101-5
9 788839 711014

Sped. in A.P. - 45% art.2 comma 20/b legge 662/96 - Filiale di Firenze

ANNO XLVIII
NUMERO 2
AGOSTO 1999
£ 10.000

RAI·ERI

- Il controllo centrale di Rai Saxa Rubra: situazione attuale ed evoluzione futura
- Prove EBU sui nuovi formati di videoregistrazione DVCPRO e Betacam SX

- Giro d'Italia: organizzazione delle riprese

telecomunicazioni

Anno XVIII
N°2 Agosto 1999

da pag. 79 a pag. 150

RIVISTA QUADRIMESTRALE A CURA DELLA RAI

Centro Ricerche Rai
Corso Giambone, 68 - 10135
Torino, Tel.(011)8800 (int.3132)

Gestione prodotto
Rai Editoria Periodica e Libraria
Viale Mazzini, 14 00195 Roma

Distribuzione in edicola
SODIP "Angelo Patuzzi" S.p.A.
via Bettola 18 - 20092
Cinisello Balsamo, Milano
Tel. (02) 660301
Fax (02) 66030320

Gestione abbonamenti e numeri arretrati
Licosa Via Duca di Calabria, 1/1
50125 Firenze
Tel. 055/645415
Fax 055/641257

Una copia		£ 10.000
	estero	£ 17.000
Copia arretrata		£ 20.000
	estero	£ 27.000
Abb. annuale		£ 30.000
	estero	£ 50.000

Versamenti Licosa - Firenze
ccp.343509

Spedizione in abb. postale 45%

Reg. alla cancelleria del tribunale c.p. di Torino al n.494 in data 6-11 1951

Progetto grafico
Franco De Vecchis

Stampa:
Stamperia Artistica Nazionale
(Torino)

Il controllo centrale di Rai Saxa Rubra: situazione attuale ed evoluzione futura

PAOLO D'AMATO*

* Ing. Paolo D'Amato
della Divisione Produzione RAI.
Dattiloscritto pervenuto
alla Redazione
il 10 dicembre 1998.

Il Controllo Centrale di Saxa Rubra è l'impianto che provvede allo smistamento di tutti i segnali televisivi generati o utilizzati dagli impianti produttivi della RAI situati nell'area di Roma, nonchè alla generazione dei segnali da mandare in onda su tutte le reti TV della RAI, sia terrestri che da satellite. L'aumento dei canali trasmessi e dei segnali da trattare, unitamente all'evoluzione in atto verso il digitale, rendono necessaria una profonda ristrutturazione dell'impianto, che verrà attuata in fasi successive. Nell'articolo si descrivono la situazione attuale dell'impianto e le prospettive di evoluzione futura.

THE RAI MASTER CONTROL CENTER IN SAXA RUBRA: PRESENT SITUATION AND PLANNED EVOLUTION.
The Master Control Center located in Saxa Rubra, near Rome, is the plant where all the TV signal generated or received by the production facilities of the RAI in the Rome area are switched and the TV signals to be broadcast in all the RAI TV networks, both terrestrial and from satellite, are assembled. Due to the increase of the broadcast channels and the signals to be routed, as well as the technological evolution in progress, the plant needs to be completely re-structured. In the article, the present arrangement is described, as well as the plan for the evolutionary process that will gradually lead to a complete new arrangement.

1. Introduzione

Il Controllo Centrale è l'impianto deputato alla messa in onda di tutti i canali RAI, sia terrestri che da satellite, nonchè alla gestione operativa del traffico sulla rete dei collegamenti aziendali. L'impianto era originariamente situato in via Teulada, ma dopo i mondiali di calcio del 1990 è stato rifatto a Saxa Rubra, mantenendo la stessa struttura e filosofia di esercizio. Pur essendo attivo soltanto dal 1992, l'impianto di SXR necessita ora di una profonda ristrutturazione, per via delle nuove esigenze che sono venute maturando negli ultimi anni. Tali esigenze sono riconducibili all'evoluzione tecnologica in atto, all'aumento dei servizi offerti dalla RAI ed alla conseguente necessità di riorganizzare i processi produttivi al fine di contenere gli aumenti di personale che ne deriverebbero, migliorando nel contempo la qualità del prodotto. In particolare:

- il continuo aumento del numero di canali trasmessi (RAI International, canali digitali da satellite) rende indispensabile l'introduzione di nuovi modelli gestionali che consentano un risparmio di personale rispetto ai modelli adottati per le reti terrestri. Per fare ciò è necessario introdurre un'automazione molto spinta nelle operazioni di smistamento e di messa in onda.
- è opportuno anche rivedere il modello gestionale relativo allo smistamento e messa in onda dei canali terrestri, al fine di offrire nuovi servizi e migliorare la qualità dei programmi trasmessi. Ciò può essere fatto introducendo anche nel caso delle reti terrestri dei sistemi di automazione, anche se con caratteristiche diverse da quelli in uso sui canali satellitari, dato che la maggiore variabilità dei palinsesti terrestri non consente di ridurre drasticamente gli interventi umani, come nel caso dei canali satellitari.
- il processo in atto di digitalizzazione degli impianti di trasmissione e produzione, unitamente alla riorganizzazione aziendale basata su di un modello divisionale, nonchè al continuo aumento del numero delle sorgenti e destinazioni, rendono indispensabile una profonda ristrutturazione del sistema di matrici, che attualmente è suddiviso fra SXR e via Teulada, ed è completamente analogico. La ristrutturazione non può che essere graduale, in altri termini si dovrà convivere per qualche anno con un sistema misto di matrici, parte digitali e parte analogiche. Il processo di digitalizzazione dovrà infine essere esteso anche agli impianti di smistamento e messa in onda.

Poichè il Controllo Centrale è il cuore degli impianti tecnici dell'azienda ed è un sistema estremamente complesso non

solo dal punto di vista tecnico, ma anche da quello gestionale (vi operano circa 180 dipendenti, di diverse figure professionali), ogni intervento su di esso risulta estremamente delicato e pericoloso (disservizi, rischio di vertenze sindacali, ecc.). Il processo di ristrutturazione, pertanto, non può che essere graduale e richiede, per essere portato a termine, non meno di tre, quattro anni. Nei capitoli che seguono si descrive innanzitutto la situazione attuale, mettendo l'accento sulle innovazioni già effettuate, che rientrano nel disegno di ristrutturazione generale, cui si sta già lavorando da qualche tempo; successivamente si descriveranno i progetti in corso, che contribuiranno a portare ulteriormente avanti l'opera di rinnovamento, infine si tracceranno le linee guida per il completamento del processo di ristrutturazione, con l'avvertenza che al momento non è possibile delineare in tutti i dettagli l'assetto finale, in particolare per quanto riguarda il sistema di matrici, sia per la notevole complessità delle problematiche coinvolte sia perchè non sono al momento completamente chiare le conseguenze del processo di divisionalizzazione sulla struttura degli impianti e sulle responsabilità di gestione. Tali conseguenze potranno essere valutate nel 1999, una volta divenute operative le divisioni.

Fig. 1 - Schema a blocchi dello smistamento di una delle tre reti terrestri.

2. Il sistema tradizionale di messa in onda e smistamento dei canali terrestri

Tale sistema si basa sulla netta separazione fra le funzioni di messa in onda e quelle di smistamento. L'assetto originario risulta facilmente comprensibile dalla figura 1, che si riferisce ad una delle tre reti terrestri della RAI.

Secondo quanto indicato nella figura, allo smistamento sono collegate due salette di messa in onda, una per la pubblicità ed i promo dei programmi RAI (detti in gergo "spot") e l'altra per i programmi normali. La prima contiene registratori beta, mentre nella seconda sono presenti registratori di diversi standard (D2, beta, pollice). Allo smistamento piovono inoltre quattro uscenti della matrice MGE (matrice generale entranti), da cui è possibile prelevare tutti i contributi esterni, nonchè quattro uscenti della matrice MRP (matrice di riproduzione), poi ridotte a tre, da cui è possibile prelevare segnali provenienti dalle varie salette di messa in onda e montaggio di SXR, incluse, per motivi di back-up, le salette di messa in onda proprie della rete. Vi sono infine altri segnali entranti, quali lo studio del TG, lo studio annunci, l'orologio, la libreria digitale ed un mixer video (in genere non usato).

Originariamente allo smistamento operava un tecnico per turno mentre le salette di messa in onda erano presidiate da due "tecnici di produzione" ciascuna.

Problema principale per i canali terrestri è l'aleatorietà del palinsesto, dovuta sia alla

presenza notevole di trasmissioni in diretta, la cui durata non è determinata con precisione, sia ai cambiamenti resi necessari da eventi particolari, quali rinvii di gare sportive, scomparsa di personaggi di rilievo, importanti avvenimenti internazionali ecc. Poichè, in caso dei suddetti eventi particolari gli smistatori non possono prendere decisioni di carattere editoriale, si è reso necessario introdurre la figura del "funzionario di servizio", che da un lato decide in tempo reale le piccole variazioni di palinsesto necessarie per far quadrare i tempi di trasmissione (tipicamente, l'aggiunta o la eliminazione di spot promozionali), dall'altro si interfaccia con i responsabili delle reti per recepire le modifiche di palinsesto di maggiore rilevanza editoriale. Ai funzionari di servizio è anche affidato il compito "notarile" di redigere il "rapporto di trasmissione", cioè il documento ufficiale che certifica il palinsesto dei programmi trasmessi.

Il flusso delle informazioni relative al palinsesto è rappresentato in figura 2. Le prime idee vengono elaborate negli uffici dei "responsabili palinsesto di canale" in viale Mazzini, e vengono comunicate al "coordinamento palinsesti TV", sempre in viale Mazzini, che armonizza le proposte ricevute dalle tre reti e produce lo schema orario (in gergo "stampone"). Un settore dello stesso ufficio identifica il materiale di teca e pianifica le lavorazioni necessarie. Il contenuto delle interruzioni pubblicitarie viene definito dalla SIPRA, che si serve di RAI TRADE per il reperimento degli spot ed il loro montaggio. I tre schemi orari così compilati vengono inviati al Centro di Produzione (CPTV), dove la struttura "gestione palinsesto" aggiunge tutte le informazioni tecniche di dettaglio. In origine tutto avveniva attraverso documenti cartacei, ed alla fine della trafila perveniva agli smistatori uno "stampone" dattiloscritto, con i dati tecnici dell'ultimo momento annotati a mano.

3. L'evoluzione in atto negli smistamenti e messa in onda dei canali terrestri

Al modello gestionale descritto nel capitolo precedente sono già state apportate le seguenti modifiche:

- è stato realizzato un sistema automatico per la messa in onda degli spot promozionali e della pubblicità, che ha consentito di eliminare le salette di messa in onda relative: pertanto ogni smistamento è collegato ad una sola saletta di messa in onda. Il sistema è suddiviso fra RAI TRADE e SXR (figura 3). Presso RAI TRADE vengono importate le play-list relative alle interruzioni pubblicitarie dalla banca dati di SIPRA, e gli spot pubblicitari vengono riversati su videoserver Profile della Tektronix utilizzando una cart machine LMS della SONY; successivamente le play-list e gli spot vengono inviati a videoserver situati a SXR, che provvedono alla messa in onda. Il sistema può evitare il trasferimento mediante pony express delle cassette contenenti gli spazi pubblicitari già montati da RAI TRADE (via Teulada) a SXR. Per quanto riguarda gli spot promozionali, essi vengono riversati da cassetta su videoserver a cura degli smistatori, che hanno poi a disposizione uno stru-

Fig. 2 - Il processo di formazione del palinsesto.

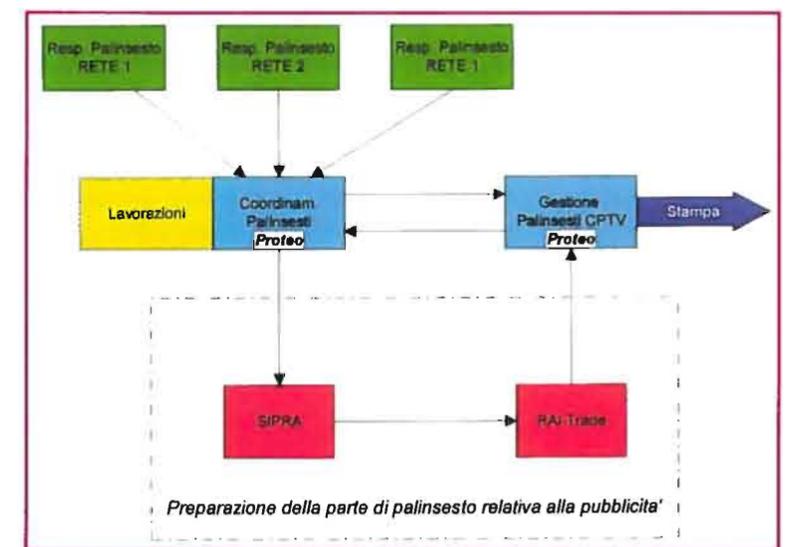
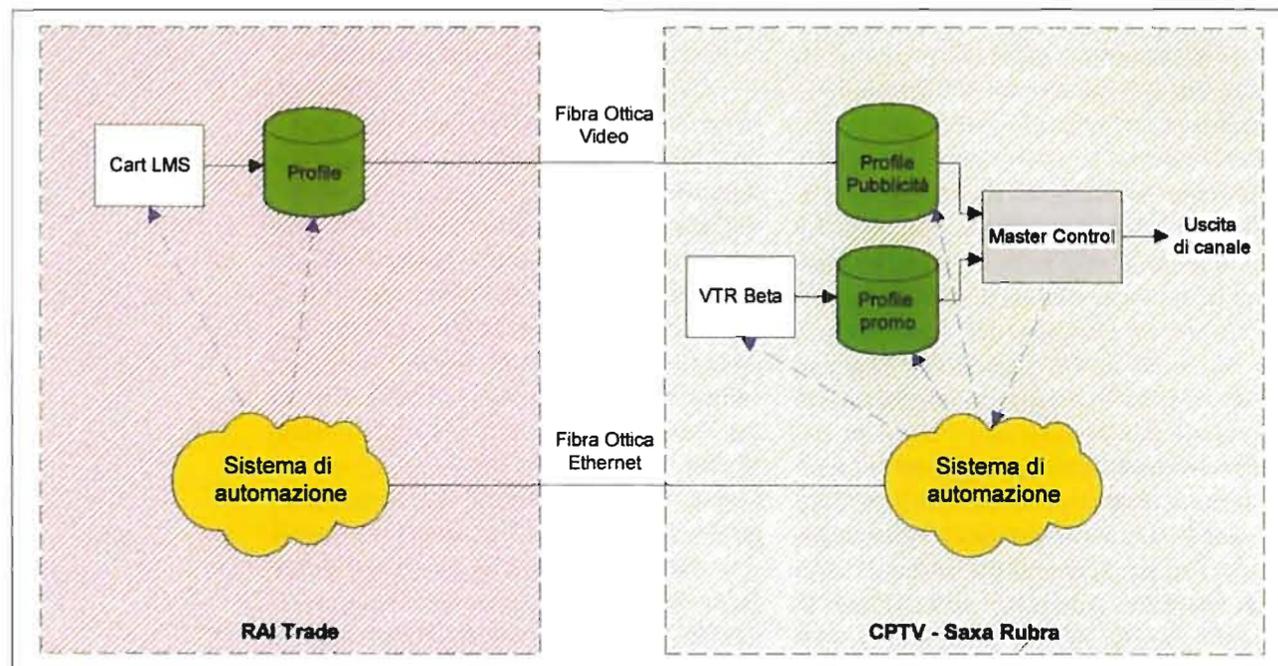



Fig. 3 - Schema di principio del sistema per il montaggio e la messa in onda degli spot pubblicitari e degli spot promozionali.

mento di messa in onda molto flessibile e veloce, che consente di soddisfare le richieste dei funzionari di servizio, anche nel caso di variazioni comunicate dell'ultimo momento.

• è stata decisa la presenza allo smistamento di due tecnici anzichè uno. L'aumento di personale che ne è derivato è stato bilanciato dal recupero dei tecnici di produzione che operavano nelle salette di messa di onda di spot e pubblicità. In questo modo si è potuta migliorare la sicurezza delle trasmissioni (la presenza di un solo tecnico costituiva un elemento di rischio, anche se era compatibile con il carico di lavoro), facilitando nel contempo l'introduzione di nuove tecnologie e l'assunzione di nuove responsabilità da parte degli smistatori.

• è stata informatizzata la procedura di creazione e diffusione del palinsesto (sistema Proteo). Lo schema orario viene elaborato al terminale dalle varie strutture coinvolte, che sono collegate fra loro tramite rete aziendale, ma viene ancora fornito agli smistamenti in forma cartacea, a cura della struttura "gestione palinsesti" del CPTV.

• è stato sperimentato su RAI2 un rudimentale sistema di automazione, costituito da un sistema di comando del master control (cosiddetto "event stacker", un prodotto software realizzato dal costruttore del master control soprattutto a fini dimostrativi), che effettuava il preset del master control sulla base di una play-list giornaliera prelevata dal sistema Proteo alla sera del giorno precedente, e dal cosiddetto "sistema sicurezza trasmissioni", che veniva utilizzato dai funzionari di servizio per elaborare le variazioni di palinsesto dell'ultimo momento e che in definitiva avrebbe dovuto trasferire tali variazioni all'event stacker (quest'ultima parte del progetto non è mai stata attuata).

• successivamente, il sistema di cui sopra è stato abbandonato, ed il terminale "sicurezza trasmissioni" installato presso i funzionari di servizio è stato sostituito dal cosiddetto "Proteo GT", cioè un terminale che consente di editare le variazioni di palinsesto e di inserire automaticamente nel rapporto di trasmissione i tempi di commutazione: allo scopo il funzionario di servizio deve premere un tasto in corrispondenza delle commutazioni operate dallo smistatore, effettuando così una "commutazione virtuale" nell'ambiente informatico.

Con i provvedimenti elencati sono stati introdotti presso gli smistamenti elementi di informatizzazione, sia pure in modo frammentario, col vantaggio di iniziare ad abituare gli operatori ad un nuovo modo di lavorare, senza mutamenti traumatici. È stato cioè preparato il terreno per un intervento più organico, consistente nell'introduzione di un sistema di automazione che gestisce tutto il processo, e cioè riceve dal sistema Proteo i dati del palinsesto, effettua il preset del master control e della matrice MGE e compila in modo automatico il rapporto di trasmissione. Il sistema è ovviamente finalizzato ad alleviare il compito dello smistatore e del funzionario di servizio, lasciando tuttavia allo smistatore la responsabilità delle commutazioni ed al funzionario quello di editare su apposito terminale le variazioni della play-list.
Il sistema di automazione prescelto è quello della ditta Probel, che fra quelli in commercio meglio si presta alle esigenze delle reti terrestri, ove sono frequenti le variazioni di palinsesto, anche all'ultimo momento. Il sistema consente, nel caso in cui le variazioni di palinsesto siano talmente a ridosso della messa in onda da non permettere la riedítazione della play-list, di operare manualmente sul master control, come se l'automazione non esistesse. Il rapporto di trasmissione, compilato automaticamente, tiene conto delle operazioni manuali. In particolare, se manualmente si cambia il preset del master control e si manda in onda un programma imprevisto agendo sul tasto "take", il sistema inserisce automaticamente nella play-list un evento col nome convenzionale di "manual event". Se invece lo smistatore effettua la commutazione direttamente sul "program bus" del master control (senza cioè effettuare il preset), il sistema introduce nella play-list un evento col nome convenzionale di "programme bus cut". In entrambi i casi, il funzionario di servizio dovrà poi rieditare il rapporto di trasmissione sostituendo il nome convenzionale col nome effettivo dell'evento.

È utile passare in rassegna tutti gli obiettivi che ci si era prefissi al momento di ordinare il sistema di automazione:
• ridurre la probabilità di errore nelle commutazioni (preset automatico),
• migliorare la qualità dell'emissione (riduzione della durata di nero in onda durante le commutazioni),
• eliminare in prospettiva il palinsesto su supporto cartaceo,
• disporre di uno strumento che effettui, in tempo reale e con la precisione del secondo, il ricalcolo del tempo di trasmissione, cosa utile sia allo smistatore che al funzionario di servizio per monitorare l'esecuzione del palinsesto e deciderne le variazioni,
• produrre automaticamente il rapporto di trasmissione, riducendo il carico di lavoro dei funzionari di servizio (e quindi riducendo in prospettiva anche il loro numero) e garantendo la precisione al secondo dei tempi di commutazione indicati nel rapporto di trasmissione,
• facilitare la ricerca delle cause dei disservizi, attraverso l'analisi del log di sistema, che contiene tutte le informazioni tecniche attualmente mancanti nel rapporto di trasmissione,
• automatizzare la messa in onda dei sottotitoli preregistrati, asservendo le macchine dei sottotitoli al sistema di automazione, con la possibilità di risparmiare alcuni tecnici presso la sala controllo Televideo,
• automatizzare tramite GPI (telecomandi binari) alcune operazioni accessorie, e precisamente: spostamento o soppressione di logo di canale, commutazione mono-stereo, ecc.,

• gestire la sorgente di riserva (guard source) e segnalarla, in modo da rendere più rapido l'intervento dello smistatore, ridurre la probabilità di errore, e annotare nel rapporto di trasmissione la sua effettiva utilizzazione,
• consentire la generazione automatica del segnale PDC (controllo automatico dei videoregistratori domestici, secondo lo standard UER).
Ulteriori obiettivi che dovranno essere raggiunti col sistema di automazione, emersi successivamente, ma altrettanto importanti di quelli elencati in precedenza, sono i seguenti:
• automatizzare le commutazioni legate al cambio formato (4/3 - 16/9), sia su rete terrestre che su satellite Hot Bird 2 e pilotare il generatore del segnale WSS (Wide Screen Signalling) della riga 23,
• automatizzare le commutazioni legate al criptaggio sui satelliti Hot Bird 1 e 2,
• automatizzare la registrazione dei programmi in diretta, per esempio ad uso di RAI International (vedi cap. 5) e per la teca (ciò potrebbe richiedere la realizzazione di un impianto ad hoc, con un sistema di automazione che deve prelevare dal sistema di automazione della messa in onda alcune segnalazioni per gestire al meglio le registrazioni),
• trasmettere in modo automatico playlist, segnalazioni e rapporto di trasmissione precisi al frame agli impianti del catalogo multimediale e della teca veloce[1],
• automatizzare la messa in onda dei programmi registrati, effettuando automaticamente la predisposizione (cue e preroll) dei video registratori e le commutazioni fra un programma e l'altro in caso questi siano consecutivi.

Fig. 4 - Preparazione e messa in onda dei programmi per i Canali Tematici.

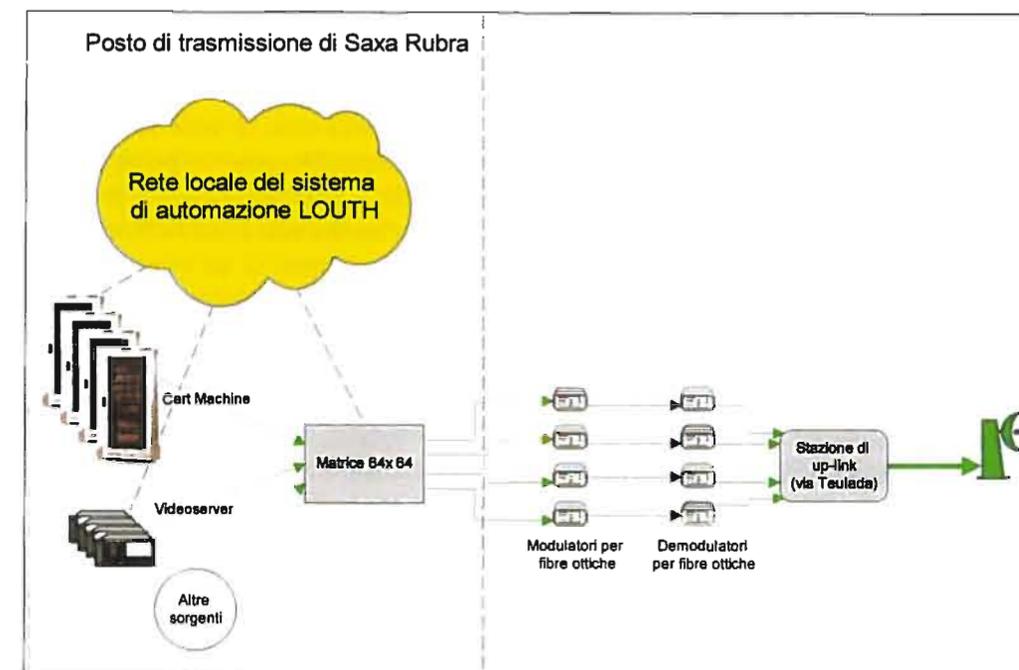
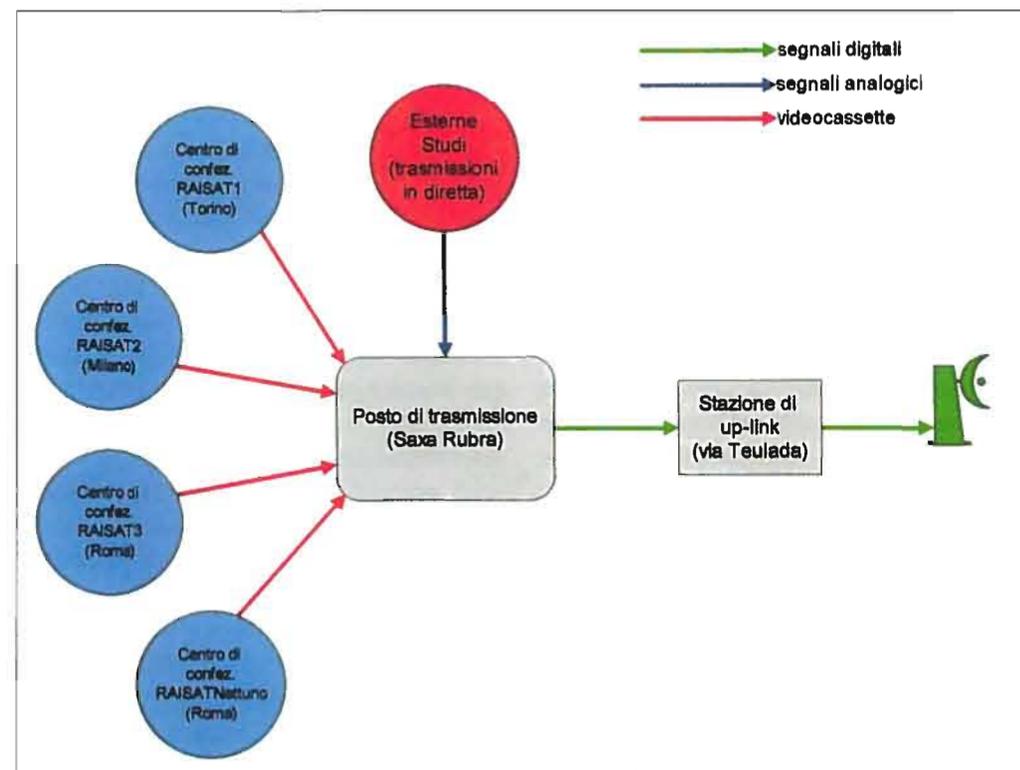



Fig. 5 - Schema di principio del Posto di Trasmissione per i Canali Tematici.

4. Il sistema di messa in onda dei canali tematici

Nell'autunno 1997 la RAI ha iniziato le trasmissioni di quattro canali digitali da satellite gratuiti e con caratteristiche tematiche (canale "cultura e spettacolo", canale "ragazzi", canale "enciclopedia" e canale "Nettuno", quest'ultimo dedicato alla formazione universitaria a distanza). Allo scopo è stato realizzato un nuovo impianto di smistamento e messa in onda, che ha comportato l' introduzione di un modello gestionale completamente diverso da quello dei canali terrestri. Ciò è stato reso possibile dalla particolare tipologia dei nuovi canali, che trasmettono programmi non influenzati, se non in misura minima, dall'attualità, per cui il palinsesto può essere determinato con largo anticipo e non viene cambiato, se non in casi eccezionali, nelle ultime 48 ore prima della messa in onda. I programmi sono tutti registrati, e pertanto hanno delle durate certe, conosciute a priori con la precisione del frame. È prevista la possibilità di mandare in onda occasionalmente delle dirette, purchè abbiano anch'esse delle durate certe, oppure siano precedute e/o seguite da "riempitivi sfumabili", in modo da non perturbare il resto del palinsesto.
Le specificità di cui sopra hanno consentito di introdurre un livello molto spinto di automazione nelle funzioni di smistamento e di messa in onda. È stato pertanto realizzato un impianto completamente controllato da un sistema di automazione, della ditta Louth. Conseguentemente, essendo diminuito sia il lavoro degli smistatori che quello degli addetti alla messa in onda, è stato possibile superare la tradizionale dualità tra le due funzioni, che sono state unificate.
L'impianto prevede un "posto di trasmissione multicanale", ove vengono svolte entrambe le funzioni e che è presidiato da due tecnici durante il giorno e da un solo tecnico nelle ore notturne.
La figura 4 mostra il processo di confezionamento e messa in onda dei programmi dei quattro canali attualmente in funzione, mentre la figura 5 riproduce lo schema a blocchi

del posto di trasmissione. Tutti i programmi pervengono al posto di trasmissione registrati su cassette beta di formato "large". Al momento deve essere registrato un solo programma per cassetta, ma questa limitazione verrà superata in futuro, quando verrà effettuato un up-grade del sistema (vedi cap. 5). La messa in onda viene effettuata da "cart machine" Odetics TCS 45 e da video server Profile della Tektronix, simili a quelli utilizzati per spot e pubblicità. Agli operatori rimane pertanto il compito di togliere quotidianamente dallo scaffale delle cart le cassette già andate in onda e di sostituirle con quelle del giorno successivo.
Le cart non si prestano alla messa in onda di programmi molto brevi, a meno di contenere un numero molto elevato di registratori: ciò è dovuto ai tempi di caricamento e scaricamento delle cassette, nonchè ai tempi di predisposizione dei registratori. Per la messa in onda di programmi brevi (minori di cinque minuti) vengono utilizzati i Profile. I programmi da caricare nel videoserver pervengono al posto di trasmissione anch'essi registrati su cassetta: ci pensa il sistema automatico a riversarli sul server (cashing) con congruo anticipo rispetto al momento della messa in onda. Anche la pulizia periodica della memoria del server viene effettuata dal sistema automatico.

Agli operatori del posto di trasmissione rimangono i seguenti compiti:
- caricare e scaricare le cart,
- effettuare le commutazioni in caso di dirette,
- effettuare occasionalmente operazioni di cashing manuale,
- editare le modifiche di palinsesto nei casi (che dovrebbero essere molto rari) di variazioni comunicate nelle 48 ore che precedono la messa in onda,
- monitorare il segnale in uscita, al fine di individuare malfunzionamenti,
- eseguire interventi di emergenza in caso di malfunzionamenti, che possono spingersi fino alla gestione completamente manuale nel caso di crollo totale del sistema di automazione: in questo caso è necessario intervenire o semplificando il palinsesto o aumentando il numero di tecnici presenti, poichè due tecnici non sono sufficienti per gestire quattro canali (è da osservare che, essendo il sistema completamente ridondato, la probabilità che si verifichi il caso estremo sopra citato è minima).
- La drammatica riduzione dei compiti inerenti alle operazioni di smistamento/messa in onda avviene a fronte di un lavoro preparatorio di documentazione del materiale da mandare in onda, che non è previsto dal modello gestionale delle reti terrestri. Infatti, affichè il sistema possa effettuare automaticamente le commutazioni, nonchè la predisposizione dei videoregistratori, è necessario che siano esattamente conosciuti, con la precisione del frame, il time-code di inizio e la durata dei programmi. Il sistema di automazione contiene pertanto un database, ove devono essere immessi i dati relativi a tutte le cassette da mandare in onda (codice identificativo della cassetta, titolo del programma, time code di inizio e durata). Questi dati vengono ricavati da un'etichetta con codice a barre, che i centri di confezionamento delle cassette sono obbligati ad apporre. Ulteriori compiti degli addetti al posto di trasmissione sono pertanto i seguenti:
- controllare l'arrivo quotidiano del materiale da mandare in onda
- leggere il codice a barre delle cassette per caricare i dati nel database del sistema Louth.

La seconda operazione viene effettuata su di una stazione di "media preparation", cioè un PC dotato di lettore di codice a barre, collegato in rete con gli altri PC del sistema Louth. Tale stazione consente anche, in caso di necessità, di editare le etichette, immettere manualmente dati nel database, nonchè effettuare manualmente il cashing delle cassette. L'impianto dei canali tematici comprende due stazioni di media preparation, situate in una stanza apposita, utilizzata anche come deposito delle cassette e dei relativi contenitori per la loro spedizione.

È importante notare che l'attività di media preparation nel caso dei canali tematici RAI è limitata, in quanto si è stabilito che la responsabilità della correttezza dei dati compete ai centri di confezionamento esterni. Qualora si richiedesse presso il posto di trasmissione anche un controllo della correttezza dei dati (cosa probabile se si estendesse il modello dei canali tematici alle reti terrestri), sarebbe forse necessario destinare al media preparation del personale dedicato.
La mancanza di variazioni del palinsesto a ridosso della messa in onda, nonchè il fatto che il sistema automatico genera anche il rapporto di trasmissione, rendono inutile la figura del funzionario di servizio.

5. I nuovi canali satellitari ed i canali di RAI International

A seguito dell'accordo RAI – Telepiù per i servizi di televisione a pagamento, l'offerta RAI nel campo della televisione digitale da satellite verrà ristrutturata; nasceranno pertanto nuovi canali tematici, sia gratuiti che a pagamento, mentre potranno variare le caratteristiche di quelli esistenti. È prevedibile che si pervenga ad una situazione in cui esisteranno due tipologie di canali satellitari: canali di attualità, basati in gran parte sulle dirette (come RAI News 24) e canali tematici, simili a quelli attuali. Per RAI News 24 è in fase di realizzazione un impianto del tutto innovativo, in cui produzione e messa in onda diventano in pratica indistinguibili. Tale impianto non viene qui descritto, in quanto non fa parte del Controllo Centrale. Per i canali tematici, è in programma la realizzazione di un nuovo impianto di messa in onda, la cui ubicazione non è ancora stata decisa in modo definitivo, che sarà essenzialmente una rielaborazione dell'impianto attuale. Il modello gestionale attuale rimarrà valido, a patto che i palinsesti prevedano un numero limitato di dirette (sono soprattutto da evitare dirette simultanee su più canali a causa del fatto che non sono presenti più di due operatori simultaneamente), e mantengano, nonostante le dirette, le attuali caratteristiche di "rigidità" (assenza di frequenti cambiamenti a ridosso della messa in onda).
In origine, RAI International produceva un solo canale, diretto al Nord America, per la cui messa in onda si utilizzava un impianto simile a quello delle reti terrestri. È stato introdotto successivamente un secondo canale (RAI Asia) e poi un terzo (RAI Australia), e potrebbero essere decise ulteriori estensioni. Al momento la gestione di RAI International si basa ancora sulla filosofia tradizionale (separazione fra messa in onda e smistamento e presenza del funzionario di servizio), anche se sono state introdotte misure temporanee per ridurre l'attività degli smistatori e conseguentemente il loro numero. In caso di future estensioni sarebbe opportuna l'adozione di soluzioni tendenti a quella per i canali tematici, al fine di contenere gli aumenti di personale.
Per una soluzione definitiva dei problemi della messa in onda dei nuovi canali tematici e di quelli di RAI International, è stato messo a punto un progetto polivalente, basato sulla filosofia del posto di trasmissione, che è una versione perfezionata ed ampliata dell'impianto realizzato per i canali tematici. Il nuovo progetto prevede blocchi di quattro canali (per l'esattezza ogni blocco contiene due moduli da due canali), ognuno dei quali contiene sufficienti ridondanze interne per consentire, in caso di disastro, la messa in onda di otto canali, sia pure con delle limitazioni e con poca ridondanza

residua da spendere in caso di guasti. Nel 1999 verrà realizzato un primo impianto basato sul suddetto progetto, finalizzato alla messa in onda dei nuovi canali conseguenti agli accordi con Telepiù.

La figura 6 riporta lo schema di principio di un blocco da quattro canali. Le principali differenze rispetto all'attuale impianto dei canali tematici sono dovute alla necessità di soddisfare peculiari esigenze di RAI International, che non trovano riscontro nel caso dei canali tematici.
Buona parte del palinsesto dei canali di RAI International è costituito da programmi trasmessi sulle reti terrestri (anche in diretta), mandati in onda con un ritardo dipendente dalla differenza di fuso orario fra i paesi di destinazione e l'Italia. Può capitare quindi che lo stesso programma vada in onda su più canali, ma ad orari diversi. La cosa è possibile nel caso dei canali tematici, proprio per il loro carattere "tematico". È conveniente che i programmi ripetuti su più canali vadano in onda da server, anzichè da cart: in questo modo si evita di dover usare più copie della stessa cassetta oppure di dover trasferire le cassette da una cart all'altra (ogni cart è dedicata ad un solo canale). Si riduce inoltre il costo di esercizio dell'impianto in quanto si riduce la frequenza degli interventi di manutenzione sui registratori (sostituzione testine, ecc.).
Per realizzare quanto sopra, l'impianto comprende dei video server Profile MPEG2 con una capacità di memoria molto superiore a quella dei Profile dei canali tematici (che sono MJPEG), collegati in rete locale fra loro (fiber channel). Ciò consente, volendo, di effettuare il cashing anche dei programmi lunghi; se necessario, il sistema Louth provvede a trasferire automaticamente da un Profile all'altro tramite il collegamento fiber channel i programmi destinati a più canali.
È inoltre previsto un sistema automatico di registrazione dei programmi che vanno in onda in diretta sulle reti terrestri e devono essere ripetuti con ritardo sui canali satellitari. Tale sistema dovrà essere interfacciato col sistema di automazione delle reti terrestri, da cui dovrà prelevare le informazioni di start e stop delle registrazioni.

Fig. 6 - Schema di principio del nuovo impianto per RAI INT'L / Canali Tematici.

6. L'estensione della filosofia del posto di trasmissione ai canali terrestri

Con i nuovi impianti per i canali satellitari è stato introdotto nel CC di SXR un nuovo modello gestionale, basato sull'unificazione della messa in onda e dello smistamento, che consente notevoli risparmi di personale rispetto al modello precedente. Poichè, sulla base dell'esperienza fatta con i canali tematici, si può affermare sin da ora che l'operazione ha avuto esito positivo, si può pensare di estendere tale modello anche ai canali terrestri. Il relativo sistema di automazione è in grado di fornire il supporto informatico per quanto sopra, a patto tuttavia di venire integrato con una parte attualmente non presente, e cioè il sistema di "media preparation". La cosa non presenta difficoltà di carattere tecnico, ma occorre superare alcune difficoltà di tipo organizzativo. Contrariamente a quanto avviene per i canali tematici, non esiste per i canali terrestri un unico "centro di confezionamento dei programmi", al quale affidare la responsabilità del corretto etichettamento delle cassette. Pertanto non si può scaricare il posto di trasmissione dalla responsabilità di controllare l'esattezza dei dati presenti sull'etichetta, visionando il nastro, e occorrerà anche affidargli il compito di compilare le etichette nel caso di materiale pervenuto all'ultimo momento. Il posto di trasmissione deve quindi comprendere un reparto "accettazione", presidiato dal personale del posto di trasmissione, prevedendo turni separati per le operazioni di accettazione e quelle di smistamento/messa in onda.

Un'altra difficoltà che si frappone all'introduzione del posto di trasmissione è costituita dalla pluralità di standard di registrazione utilizzati per i supporti di messa in onda (D2, beta, pollice), che ha impedito finora l'uso di cart machine. Nel 1999 la RAI comincerà ad introdurre il nuovo standard digitale di registrazione, che si aggiungerà a quelli correntemente in uso. Vi sono tre possibilità:
- proseguire nella politica attuale,
- prescrivere che tutti i supporti di messa in onda debbano appartenere allo stesso standard (e cioè al nuovo standard digitale), prevedendo l'effettuazione di riversamenti nel caso di materiale di archivio registrato su supporti diversi,
- fare un cash su videoserver del materiale fuori standard.

La seconda e la terza soluzione consentono l'introduzione delle cart al posto di trasmissione, con conseguente sensibile riduzione del carico di lavoro per gli addetti; d'altra parte la seconda soluzione comporta la necessità di effettuare riversamenti sul materiale di archivio, con conseguente incremento del lavoro per gli addetti alle lavorazioni, mentre la terza comporta un piccolo onere aggiuntivo per gli operatori del posto di trasmissione. La scelta fra le varie soluzioni deriverà dai risultati di un'analisi costi/benefici, che resta ancora da fare.

L'adozione della filosofia del posto di trasmissione comporta per ragioni logistiche il completo rifacimento degli attuali impianti (attualmente gli smistamenti e le messe in onda sono in ali diverse della palazzina G1 di SXR, mentre in futuro ogni smistamento dovrà essere integrato con la sua messa in

onda). L'evoluzione tecnologica in atto rende consigliabile realizzare i nuovi impianti con tecnologia digitale. Ciò non sembra costituire un inconveniente in quanto anche nella fase transitoria, in cui la maggior parte delle sorgenti è ancora analogica, la digitalizzazione degli smistamenti non richiede l'adozione di un numero eccessivo di convertitori A/D e D/A e non peggiora la qualità dell'immagine per via delle conversioni in cascata; ciò perchè la rete di ponti radio di distribuzione sta per essere digitalizzata, il che rende inevitabile la conversione delle sorgenti PAL in segnale digitale a componenti e poi nuovamente in PAL per la diffusione. Si può pensare di mettere in cantiere l'operazione tra la fine del 1999 ed il 2000.

7. Il sistema di matrici attuale

Presso il Controllo Centrale di SXR, nonchè a via Teulada, sono presenti numerose matrici, la maggioranza delle quali smistano simultaneamente il segnale video e la coppia di segnali audio associati. Chiameremo tali matrici "Vanda" (video and audio). Il sistema di matrici del CC deve inoltre gestire anche altri segnali audio, a volte anch'essi associati ad un video, a volte indipendenti. È utile richiamare il fatto che sulla rete di ponti fissi TV della RAI è inserita una sottoportante a 7.5 MHz, modulata da un multiplex digitale a 2 Mbit/s, nel quale sono inseriti sei segnali audio compressi. I due segnali audio associati al video sono sempre il terzo ed il quarto audio del multiplex; il primo ed il secondo audio possono essere usati dalla produzione TV, sia come segnali associati al video (ad es. cronache) che come segnali indipendenti (ad es. segnali di comunicazione di ritorno), mentre il quinto ed il sesto audio sono riservati alla radiofonia.
Il primo e secondo segnale audio sono smistati da apposite matrici audio, situate anch'esse sia a SXR che a Teulada. A SXR vi è anche una matrice, cosiddetta di banda base, che smista il segnale proveniente dai ponti fissi, completo di multiplex audio PCM. Tale matrice porta in uscita a dei disinseritori audio, le cui uscite vanno a loro volta ad alimentare entranti di matrice Vanda (le corrispondenti entranti video restano inutilizzate). È questa una via alternativa (poco elegante) per smistare i segnali audio, via di cui si potrebbe fare a meno, ma che evidentemente è stata realizzata per inserire delle ridondanze.
La figura 7 riporta lo schema di principio delle matrici Vanda e solo audio. Una descrizione dettagliata di tutto l'impianto esula dagli scopi della presente relazione. In breve, la funzione delle varie matrici presenti nello schema è la seguente:

Matrici Vanda - SXR
- MGE (matrice generale entranti): si compone di due matrici parzialmente sovrapposte per motivi di ridondanza: MRG (matrice di registrazione) ed MO (messa in onda) ed ha essenzialmente il compito di distribuire i vari segnali entranti agli studi TG, agli impianti di registrazione (vidigrafi, salette), agli smistamenti e posti di trasmissione,
- MU (matrice uscenti): ha il compito di indirizzare verso le linee uscenti (principalmente fibre ottiche verso Teulada) i segnali di rete e di contributo prodotti a SXR o in transito per SXR,
- MRP (matrice di riproduzione): collega fra loro le salette di messa in onda ed i vidigrafi; inoltre è provvista di uscite verso gli smistamenti, gli studi di SXR e la MU,
- PRES: è una matrice di preselezione della MGE: ha come entranti le ricezioni dei ponti mobili e dei satelliti.

TEULADA
- ME (matrice entranti): fornisce agli studi di Teulada, Dear e Delle Vittorie i segnali di cui abbisognano (provenienti dalle salette di montaggio di Teulada, dai ponti fissi e da SXR).
- MRP (matrice di riproduzione): collega le salette di Teulada fra loro, con gli studi di Teulada e con la ME,
- matrice Injection Points: è una matrice di preselezione della MGE di SXR; i segnali entranti provengono dai collegamenti cittadini, dai punti di iniezione e da società esterne.

Matrici per i segnali audio - SXR
- A III in (matrice terzo livello audio entranti): riceve in entrata il primo e secondo audio del multiplex PCM dei ponti video e lo smista agli studi,
- A III out (matrice terzo livello audio uscenti): alimenta il primo e secondo audio del multiplex PCM dei ponti video con i segnali provenienti dagli studi,
- MBB (matrice in banda base): è una matrice video che trasporta anche il multiplex PCM; le uscenti sono fornite di disinseritori audio per il prelievo dei segnali audio non Vanda, che entrano nella MGE.

TEULADA
- MEA ME (matrice entranti audio): smista i segnali audio non Vanda verso gli studi di Teulada, Dear, Delle Vittorie, nonchè verso la radiofonia (via Asiago) e verso Telecom
- MEA INJ. P. (matrice entranti audio da injection points): similmente alla matrice Inj. P. video, svolge funzioni di preselezione verso SXR (matrice A III in)

Tornando alle matrici Vanda, dallo schema risulta che una parte di esse svolgono una funzione prevalentemente o esclusivamente locale e possono essere pertanto considerate "stand-alone" (le due matrici MRP a Teulada e SXR e le matrici di palazzina MRT a SXR), mentre tutte le altre (le due ME, la matrice Injection points, la MGE e la MU) costituiscono un insieme interconnesso: in altri termini, una destinazione per prelevare certe sorgenti può dover attivare più cross-points.

8. Il rinnovo del sistema di matrici

L'attuale sistema di matrici, descritto nel precedente capitolo, è ormai saturo, per cui diventa sempre più difficile soddisfare richieste di nuovi allacciamenti. D'altra parte, la progressiva digitalizzazione dei collegamenti e degli impianti di produzione fa sì che prima o poi si debba procedere alla digitalizzazione anche del sistema di matrici. Pertanto è opportuno evitare, per quanto possibile, di espandere l'attuale sistema, cercando di risolvere le emergenze con il minimo necessario di provvedimenti tampone, e cominciare fin da ora ad impostare il progetto di un nuovo sistema di matrici digitali.
Fortunatamente, le moderne matrici richiedono molto meno spazio (circa 1/6) di quelle attualmente in esercizio, che occupano, senza contare gli accessori, ben 50 telai in sala apparati. È pertanto possibile realizzare gradualmente il nuovo sistema senza smantellare quello vecchio, in quanto gli spazi necessari, non eccessivi, possono essere reperiti con provvedimenti relativamente semplici.
Al nuovo sistema verranno collegate tutte le sorgenti e le destinazioni digitali. Pertanto, le connessioni fra sorgenti e destinazioni dello stesso tipo potranno essere fatte all'interno di uno dei due sistemi di matrici; per collegare invece una sorgente digitale ad una destinazione analogica, o viceversa, occorrerà ricorrere ad apposite bretelle (tie-lines) fra i due sistemi, secondo quanto mostrato in figura 8. Tali bretelle dovranno contenere i convertitori A/D oppure D/A.
La soluzione qui proposta è quella che consente di ridurre al minimo le conversioni A/D e D/A nella fase di transizione, che è destinata inevitabilmente a durare qualche anno. È importante quantificare, con buona approssimazione, la durata della fase di transizione, che dipende dai tempi della

Controllo centrale di Rai Saxa Rubra

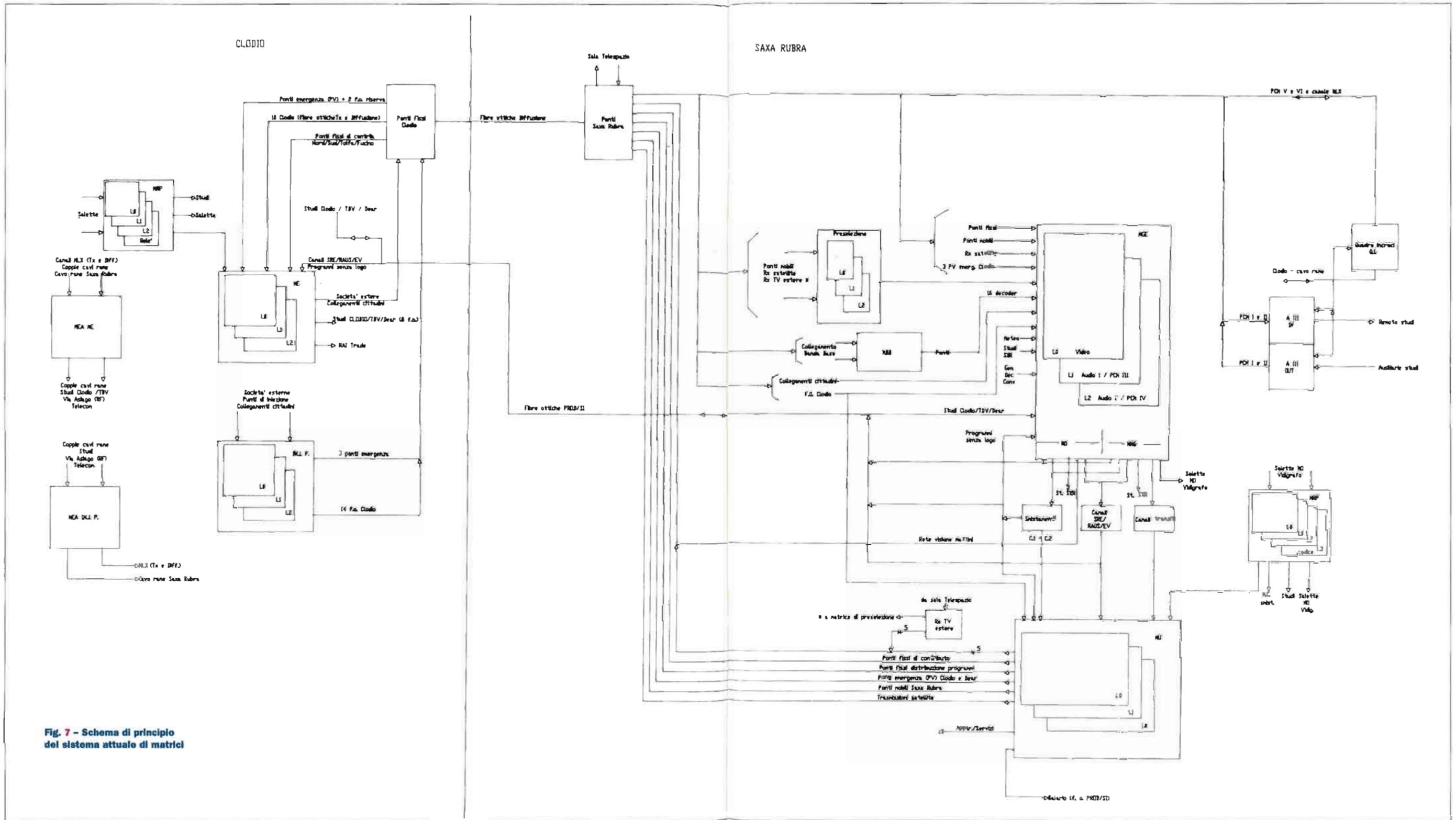



Fig. 7 – Schema di principio del sistema attuale di matrici

Controllo centrale di Rai Saxa Rubra

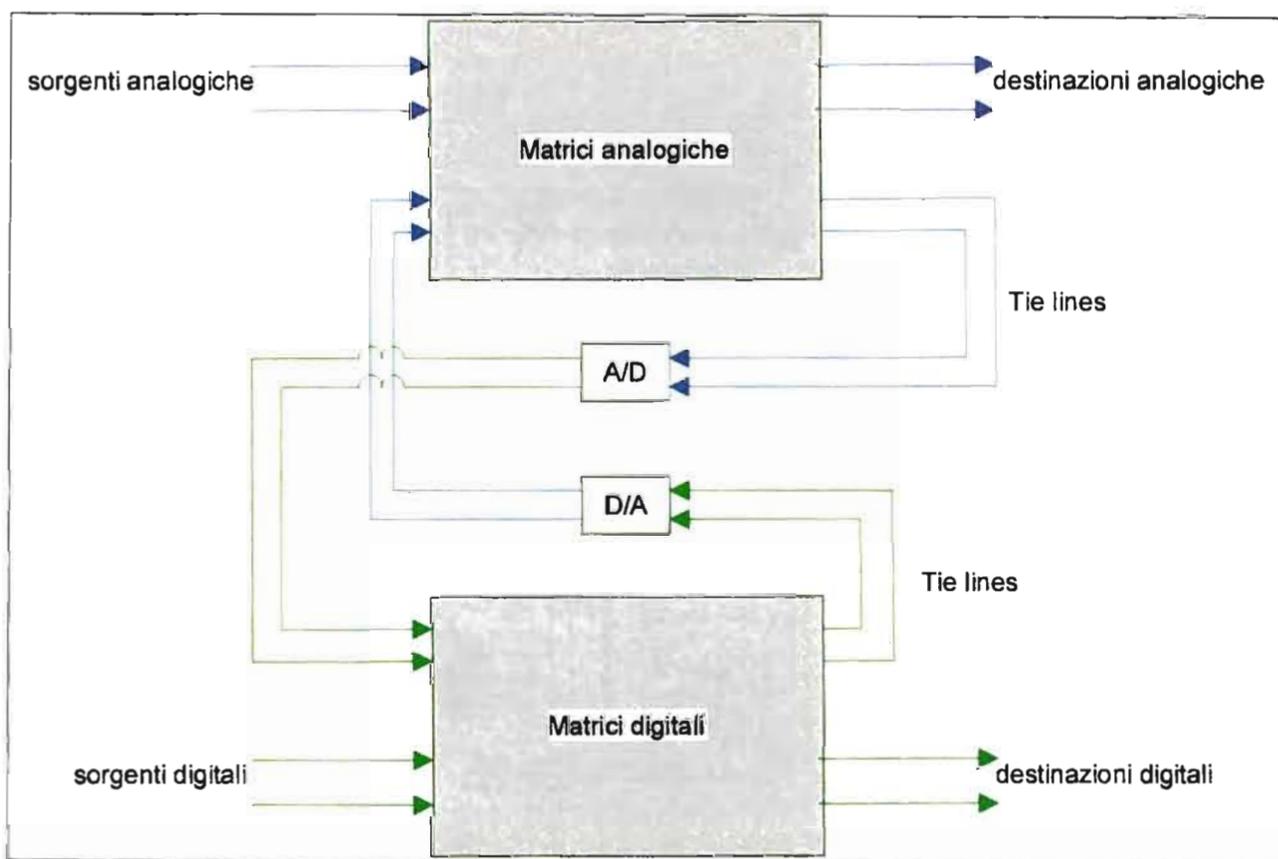



Fig. 8 - Schema di principio dell'interconnessione fra l'insieme di matrici analogiche e l'insieme di matrici digitali.

progressiva conversione in digitale delle sorgenti e delle destinazioni. Tali tempi sono al momento conosciuti solo in via approssimata.
La Divisione Trasmissione e Diffusione ha annunciato un piano che prevede la progressiva conversione in digitale della rete di ponti fissi, che dovrebbe concludersi entro il 2002 -2003. La conversione comporterà, fra l'altro, un aumento della capacità disponibile sulla rete di contributo fino al 50%. L'UER ha ormai praticamente digitalizzato i collegamenti via satellite ed ha praticamente dismesso di quest'anno la rete Eurovisione terrestre. Per i ponti mobili ed i collegamenti cittadini di proprietà RAI non si hanno al momento previsioni, ma i tempi saranno verosimilmente molto più lunghi.
Per quanto riguarda gli impianti di produzione, i tempi della digitalizzazione non sono quantificabili con precisione. Si può tuttavia affermare che l'introduzione del nuovo standard digitale di registrazione, prevista per il 1999, nonchè il vero e proprio boom delle workstations, destinate in prospettiva a sostituire le salette di montaggio tradizionali, comporteranno la conversione in digitale della stragrande maggioranza degli impianti di lavorazione delle reti entro 3 - 4 anni. L'avvento dei "sistemi integrati news", di cui un primo esempio è rappresentato dal nuovo impianto per il canale satellitare "RAI News 24", che verrà lanciato nel marzo 1999, darà una spinta alla digitalizzazione di tutti gli impianti di produzione news, che verosimilmente potrà essere completata nel giro di 5 - 6 anni. La digitalizzazione degli studi televisivi, invece, richiederà tempi più lunghi, poichè le risorse aziendali non consentono di convertire più di 3 - 4 studi all'anno. La conversione di tutti gli studi dell'area di Roma, pertanto, potrà essere completata nell'arco di 7 - 8 anni.

In conclusione, è verosimile che già fra quattro o cinque anni la quantità di sorgenti e destinazioni digitali sia ormai tale da far considerare conclusa la fase di transizione, in modo da consentire lo smantellamento del sistema di matrici analogico (le poche terminazioni analogiche rimanenti verrebbero collegati alle matrici digitali tramite convertitori). La fase di transizione pertanto durerebbe dal 1999 al 2003 - 2004.
Al momento non si dispone degli elementi per elaborare un progetto dettagliato del nuovo sistema di matrici. Tuttavia, è stata già effettuata un'analisi preliminare del problema, che ha permesso di individuare alcune "milestones", ovvero criteri generali che si ritiene debbano essere rispettati. In particolare:

- La nuova organizzazione aziendale basata sulle divisioni fa sì che il Controllo Centrale di SXR, che costituisce il cuore degli impianti della Divisione di Produzione, dovrà gestire soltanto i segnali provenienti o destinati agli impianti di produzione dell'area romana. Attualmente tutti i segnali che transitano per il nodo dei collegamenti di Roma transitano anche per il CC di SXR; in futuro quei segnali che non riguardano l'area romana (ad esempio contributi da una sede RAI del nord verso una sede RAI del sud, oppure contributi diretti a società esterne, quali TMC, CNN, Reuters, ecc.) dovranno essere gestiti direttamente dalla Divisione Trasmissione e Diffusione, senza alcun coinvolgimento del CC di SXR, che verrà pertanto sollevato da una parte della sua attività, attualmente svolta dal cosiddetto "smistamento scambi intersede", che dipende gerarchicamente dal "Super TV" (vedi cap. 9).
- Sia in trasmissione che in produzione si sta diffondendo sempre più l'uso di segnali digitali compressi, secondo diverse tecniche di compressione (ETSI, MJPEG, MPEG2) e con diversi bit-rate. Purtroppo, tutto lascia prevedere che in questo campo sarà impossibile nel breve o medio termine tendere ad uno standard unico: non è pertanto consigliabile lasciar circolare per i centri di produzione segnali compressi, se non all'interno di impianti singoli, oppure in reti dedicate. Si può pertanto affermare che nel CC di SXR dovranno circolare soltanto segnali analogici PAL oppure segnali digitali non compressi (standard SDI). Si dovrà evitare l'introduzione di matrici di commutazione per segnali compressi (se non in aree ristrette, vedi ad es. l'impianto per il canale RAI News 24), mentre di tali matrici non si potrà fare a meno negli impianti dell'area Trasmissione e Diffusione.
- Una importante scelta progettuale per le nuove matrici riguarda l'uso o meno dell'audio "embedded". È noto che l'interfaccia SDI consente di veicolare, oltre al video, fino a 16 segnali audio, pertanto con matrici ad un unico "livello" è possibile commutare il video insieme con tutti i segnali audio ad essi associati. È da notare che la nuova rete digitale di ponti fissi convoglierà insieme al video quattro segnali audio. Pertanto in luogo del vecchio multiplex PCM a sei canali si potrà disporre di quattro canali tutti associati al video, mentre i segnali audio non associati al video verranno veicolati su collegamenti indipendenti (ad es. ponti radio digitali per solo audio). Ne consegue che il nuovo ambiente Vanda sarà costituito da un video e quattro audio, il che, fra l'altro, sarà utile in caso di futuri canali da satellite multilingua. La soluzione "audio embedded" comporta un'enorme semplificazione dell'impianto, perchè un solo livello di matrice (video digitale SDI) è sufficiente per commutare tutto il pacchetto Vanda, con incalcolabili vantaggi in termini di costi,

affidabilità, occupazione di spazi. L'operazione di "de-embedding" dei segnali audio associati al video dovrebbe avvenire soltanto presso le destinazioni (studi, smistamenti, salette), perchè ivi soltanto può sorgere l'esigenza di trattare separatamente tali segnali o mescolarli con altri non associati al video, al fine di confezionare il segnale audio di programma. Inoltre, l'allargamento del Vanda, unitamente al fatto che i segnali audio non associati al video che non riguardano la produzione TV dovrebbero essere gestiti direttamente dalla Divisione Trasmissione e Diffusione, dovrebbe consentire di ridurre sensibilmente le dimensioni delle matrici solo audio.

• Alla luce dei punti precedenti, si può elaborare una prima ipotesi di interfacciamento fra il mondo della Trasmissione e Diffusione e quello della Produzione. Nel dominio analogico, i due mondi non sono nettamente separabili (come si è detto, i segnali in transito passano per SXR e sono visti dal Super TV), e conviene rinunciare a separarli, in quanto non vale la pena di introdurre modifiche significative in impianti che hanno un'aspettativa di vita limitata. Nel dominio digitale si potrà invece ricorrere allo schema di figura 9, secondo il quale le due aree sono collegate da "bretelle" (tie-lines) nelle quali transita il segnale digitale SDI con audio embedded, nonchè da altre bretelle per i segnali audio non associati al video (è da vedere se analogiche o digitali). I collegamenti in uscita dall'area Produzione sono utilizzati per i segnali di RAI1, RAI2, RAI3 da inviare nella rete di distribuzione, per eventuali altri segnali da mandare in onda in aree particolari (trasmissioni "per la sola zona di ..."), per i segnali da mandare in onda sui canali satellitari e per i contributi verso altre sedi RAI o verso l'esterno. Secondo il modello gestionale che qui si propone, spetta alla Trasmissione e Diffusione veicolare tali segnali sugli appropriati ponti radio principali e di riserva, o verso le stazioni di up-link. I collegamenti in senso opposto sono utilizzati per i contributi verso l'area Produzione di Roma. Un caso particolare è rappresentato da collegamenti in esterna per i quali è usato lo standard ETSI. Per evitare co-decodifiche in cascata, è opportuno che tale segnale transiti nella rete di contributo così com'è. Esso dovrà pertanto essere decodificato e convertito in SDI a 270Mbit/s prima di essere inviato nella bretella verso la Produzione. Pertanto, alcune delle bretelle verso la produzione dovranno essere equipaggiate da decoder ETSI.

Fig. 9 - Schema di principio delle interconnessioni in ambiente digitale fra Produzione e Diffusione e Trasmissione.

• per consentire la messa in onda dei sottotitoli Televideo sui programmi registrati, è necessario inviare alla sala controllo Televideo (palazzina F di SXR) il "time code", letto dal registratore di messa in onda. Il time code è anche necessario, ai fini di documentazione, per gli impianti della teca veloce e del catalogo multimediale. Allo scopo, una parte della matrice MRP di SXR è dotata di un livello supplementare per lo smistamento del time-code (che è assimilabile ad un segnale audio). Sarebbe vantaggioso fare un "embedding" anche del time code.

• una grande semplificazione operativa può essere introdotta con l'adozione di sistemi di controllo computerizzati delle matrici in grado di individuare automaticamente i percorsi dei segnali. Attualmente, ogni singola matrice è dotata di un suo sistema di controllo. Tutte le matrici sono "destination oriented", vale a dire è la destinazione a scegliere la sorgente, ad eccezione delle due matrici MRP, che sono "source oriented". Se per realizzare il collegamento con la sorgente desiderata è necessario passare per più matrici in cascata, la destinazione può soltanto attivare il cross-point della matrice più a valle, mentre i cross-point delle matrici più a monte devono essere attivati dal posto di controllo tecnico, dietro istruzioni del Super TV (vedi cap. 9). Ciò comporta contatti verbali fra gli operatori, con conseguente aumento dei tempi, maggiore impegno di personale e rischio di disservizi. La situazione è destinata ad aggravarsi nella fase di transizione, in quanto, se la sorgente e la destinazione sono una analogica e l'altra digitale, sarà comunque necessario transitare per almeno due matrici; inoltre le tie-lines potrebbero essere in numero inferiore a quanto necessario per permettere il numero massimo di collegamenti teoricamente possibile. È pertanto opportuno ricorrere ad un sistema computerizzato (ve ne sono in commercio alcuni), il quale, avendo in memoria la configurazione completa di tutto il sistema di matrici, sia analogiche che digitali, sia in grado di individuare il percorso necessario per stabilire un collegamento e, nel caso ciò fosse impossibile per saturazione delle tie-lines, suggerire possibili collegamenti da interrompere per far spazio al nuovo. In questa ottica, il ruolo del posto di Controllo Tecnico verrebbe modificato sensibilmente: da un lato si verificherebbe una riduzione delle attuali mansioni, dall'altro esso dovrebbe comprendere un "centro di gestione e controllo" del nuovo sistema computerizzato, ove, sotto la supervisione di un "system manager" (responsabile di sistema) verrebbe monitorato lo stato delle matrici, sia dal punto di vista del traffico che dei possibili guasti, e verrebbero presi i provvedimenti necessari per assicurare la corretta funzionalità del sistema.

9. Super TV, Controllo Tecnico, Coordinamento Eurovisione: situazione attuale ed evoluzione futura

In questo capitolo accenniamo brevemente ai compiti del supervisore TV ed a quelli degli addetti al Controllo Tecnico ed al Coordinamento Eurovisione.

Il Super TV svolge essenzialmente funzioni di controllo tecnico di tutti i segnali entranti ed uscenti dal Controllo Centrale e di gestione del traffico sulla rete RAI sulla base della pianificazione effettuata dal coordina-

mento trasmissioni TV. Per essere più precisi, il Super TV decide gli istradamenti ma non ha compiti operativi: le commutazioni vengono effettuate dal posto di controllo tecnico, dallo smistamento registrazioni esterne e dallo smistamento scambi intersede. Con l'avvento della divisionalizzazione, è prevedibile che esso venga sollevato dal compito di gestire il traffico di puro transito, compito che dovrebbe passare alla Divisione Trasmissione e Diffusione.
Il posto di Controllo Tecnico nasce dall'unificazione del Posto Operativo e del Posto Transiti. Le attività svolte presso il Posto Operativo riguardano essenzialmente le attività di prima manutenzione e di modifiche transitorie agli impianti del Controllo Centrale, la gestione delle reti visione di SXR, Teulada, Mazzini, la verifica e presa in carico dei segnali video in esterna per trasmissione o contributo, nonchè l'istradamento dei segnali audio-video delle matrici di Teulada da e verso SXR (solo per le due matrici entranti ed uscenti Vanda). Tutte queste attività dovrebbero restare invariate tranne l'ultima, che dovrebbe scomparire a seguito della prevista introduzione di un sistema computerizzato di gestione dell'insieme di matrici interconnesse, di cui si è parlato nel cap. 8. D'altro canto, come già accennato, tale sistema computerizzato richiede un "centro di controllo e gestione", secondo quanto accennato nel cap. precedente.
Le attività che competono al Posto Transiti riguardano la gestione della matrice MU, nonchè un insieme di attività relative ai segnali audio non associati al video, in particolare la gestione delle relative matrici a SXR ed a Teulada. Queste attività dovrebbero rimanere qualitativamente invariate, ma dovrebbero quantitativamente ridursi, sia a causa della prevista riduzione del numero dei segnali audio trattati in modo indipendente (conseguenti al fatto che nell'assetto futuro ogni collegamento Vanda dovrebbe convogliare quattro segnali audio anzichè due), sia per il fatto che i transiti di segnali audio che non riguardano la produzione TV dell'area di Roma dovrebbero essere gestiti direttamente dalla Divisione Trasmissione e Diffusione. Per quanto detto sopra, le attuali matrici audio potrebbero risultare sovradimensionate, ma è dubbia la convenienza di sostituirle, come pure è dubbia la convenienza di estendere anche a tali matrici il sistema di gestione computerizzato.
Il Coordinamento Eurovisione effettua il coordinamento di tutte le trasmissioni da e per l'estero, utilizzando i satelliti dell'UER ed eventualmente anche altri satelliti; esso si tiene in collegamento continuo con il centro di Coordinamento dell'UER a Ginevra. La regia ausiliaria (Raus) è il posto di lavoro in cui si effettuano, secondo le direttive del coordinamento Eurovisione, tutti gli instradamenti video ed audio dei segnali in arrivo dall'estero, in partenza per l'estero ed in transito estero-estero. I compiti di queste due strutture dovrebbero rimanere sostanzialmente invariati.

10. Conclusioni

Nei capitoli precedenti si è tentato di descrivere nelle linee generali vari aspetti del progetto di "re-engineering" del controllo centrale di SXR. Riteniamo che il lettore a questo punto si sia fatta un'idea di quanto complesso ed articolato sia il suddetto progetto, e di quale sia il suo stato di avanzamento.
Non crediamo di essere ottimisti affermando che i "processi" in cui può essere scomposta l'attività svolta al CC siano ormai ben conosciuti, e sia anche chiaro dove e come intervenire per razionalizzare, ottimizzare, ecc. Anzi, una parte importante del cammino è già stata compiuta (automazione della messa in onda di spot e pubblicità, introduzione della filosofia del "posto di trasmissione" nel nuovo impianto dei canali tematici), un'altra parte del cammino è stata impostata ed è in fase di attuazione (automazione degli smistamenti terrestri, nuovo impianto per i canali satellitari basato sulla filosofia del posto di trasmissione). Per arrivare al traguardo rimane da impostare e da percorrere l'ultima difficile parte del cammino (introduzione del posto di trasmissione sui canali terrestri, rifacimento del sistema di matrici). Su queste tematiche vi sono già delle idee, anche abbastanza precise (vedi i capitoli precedenti), ma le linee del progetto non sono state ancora sviluppate nei dettagli e non è ancora possibile avere una visione completa e definitiva degli interventi da attuare e della loro tempistica.
In ogni caso, riteniamo di aver dimostrato come sia gli interventi già effettuati che quelli ancora da effettuare rispondano ad un disegno strategico globale, che è il frutto di una collaborazione sempre molto stretta e molto proficua fra i progettisti e gli addetti all'esercizio, la cui esperienza pratica di gestione è indispensabile per definire i nuovi modelli organizzativi, di cui non si può non tener conto nella progettazione dei nuovi impianti.

Si ringraziano gli ingg. Alberto Dal Buono e Stefano Marchetti per il contributo di idee e le utili discussioni sugli argomenti oggetto del presente articolo.

Note

(1) Il catalogo multimediale è uno strumento di ricerca avanzato per l'accesso al materiale della teca master della RAI. La teca veloce è una teca basata su video server e silos di cassette digitali, che consente un accesso molto rapido al materiale, anche se tale materiale viene immagazzinato con una qualità in genere inferiore rispetto alla teca master.

Prove EBU sui nuovi formati di videoregistrazione DVCPRO e Betacam SX

Massimo Visca*

*Ing. Massimo Visca del Centro Ricerche RAI Torino.

Dattiloscritto pervenuto alla Redazione il 12 gennaio 1999.

Sono stati recentemente lanciati sul mercato due nuovi formati di videoregistrazione digitali per riprese esterne leggere, il DVCPRO della Panasonic ed il Betacam SX della SONY. Questi formati vengono proposti dai costruttori non solo come candidati a sostituire il formato BetacamSP analogico, che rappresenta lo standard de facto per questo tipo di applicazione, ma soprattutto come elementi portanti di nuovi sistemi integrati, basati sull'uso estensivo di server e reti, per la produzione di tipo sportivo e giornalistico. Il gruppo specialistico P/DTR (Digital Television Recording), su mandato dell'Unione Europea dei Radiodiffusori, ha condotto una serie esaustiva di prove sugli apparati per valutarne sia le prestazioni in quanto unità singole sia l'influenza che il loro impiego potrebbe avere una volta inseriti in una catena di produzione completa. Le prove sono state concordate con le rispettive case costruttrici e svolte in collaborazione con i tecnici delle stesse. Dopo aver fornito una descrizione delle principali caratteristiche dei due formati di videoregistrazione, si riassume la metodologia ed i risultati delle prove eseguite, dando particolare enfasi alle analisi mirate a valutare le prestazioni degli algoritmi di compressione utilizzati negli apparati stessi, in termini di capacità di preservare la qualità dell'immagine in seguito a processi di compressione in cascata.

EBU TESTS ON THE NEW DIGITAL VIDEO RECORDING FORMATS DVCPRO AND BETACAM SX. Recently, two new digital tape recording formats, aimed at the scenario of Electronic News Gathering, were launched: Panasonic DVCPRO and SONY Betacam SX. These formats are claimed by the manufacturers not only as candidates to substitute the analogue BetacamSP format, representing the de facto standard for this kind of application, but rather as key elements of new integrated systems, based on extensive use of servers and networks, for the production of news and sport programs. The Group P/DTR (Digital Television Recording), under the EBU umbrella, carried out extensive tests on these new formats aimed to evaluate both their performance as equipment in isolation and the influence of their introduction in a complete production chain. The tests were agreed with the respective manufacturers and carried out in co-operation with their technical representatives. In this article, the Author provides a description of the main features of the two recording formats and a synopsis of the methodology and results of the tests carried out, giving particular relevance to those investigation aimed to check the overall performance of the compression algorithms in a cascading scenario.

1. Introduzione

I requisiti fondamentali che un apparato per riprese leggere ENG (*Electronic News Gathering*) deve possedere, sono definiti in termini di leggerezza, robustezza ed affidabilità, in quanto lo stesso deve poter essere usato in condizioni ambientali avverse senza che l'operatore debba usare troppe attenzioni nei suoi confronti. Ovviamente anche il costo gioca un ruolo importante, anche perché un costo limitato consente, tra l'altro, di poter disporre di un numero elevato di apparati e di far fronte con flessibilità alle esigenze impreviste che caratterizzano questo tipo di produzione.

Nel nome di queste indiscutibili esigenze si ritiene, viceversa, che la qualità dell'immagine possa essere sacrificata. Tuttavia, questo compromesso sulla qualità dell'immagine non può essere spinto oltre un certo limite per almeno due motivi fondamentali.

In primo luogo l'apparato per acquisizione fornisce, per sua natura, un'immagine che dovrà essere inserita in una catena di produzione complessa il cui risultato finale non potrà che dipendere dal segnale al suo primo anello.

Inoltre, l'esperienza insegna che apparati inizialmente progettati per utilizzo limitato ad alcune applicazioni spesso migrano, per motivi di costo, verso applicazioni che probabilmente richiederebbero livelli di qualità più elevata; questo fenomeno si è verificato sia nel caso dell'U-Matic, che nacque come formato per acquisizione, ma divenne il formato di videoregistrazione più diffuso nel mondo, sia per il formato Betacam, che non solo è divenuto standard *de facto* per l'acquisizione, ma ha invaso lo studio televisivo in quanto tale.

L'elevato grado di integrazione raggiunto dai dispositivi elettronici e lo sviluppo degli algoritmi di compressione delle immagini televisive hanno parzialmente modificato questo scenario, ed i costruttori dichiarano oggi di poter proporre apparati per acquisizione numerici in grado di garantire prestazioni superiori, a costi inferiori, rispetto ai formati analogici.

Due tra gli apparati che i costruttori hanno proposto per l'ENG sono il DVCPRO, basato su algoritmo di compressione DV (4:1:1) a 25Mbit/s con nastro da 1/4", prodotto dalla Panasonic, ed il Betacam SX, che utilizza un algoritmo di compressione MPEG-2 4:2:2P@ML a 18 Mbit/s con nastro da 1/2", prodotto dalla Sony.

I nuovi formati vengono in realtà indicati come elementi portanti di sistemi di produzione integrati, basati sull'uso di server e reti a larga banda; in questo scenario futuro è previsto che il segnale rimanga in formato compresso a partire dall'acquisizione fino ad arrivare alla fase di messa in onda o di archiviazione, passando attraverso i processi produttivi in studio.

L'introduzione dei nuovi apparati comporta quindi per il broadcaster la modifica dello stesso modello produttivo, con un significativo sforzo sia in termini economici sia in termini di adattamento di tutte le professionalità coinvolte nel nuovo modo di operare.

L'introduzione dei nuovi formati non può quindi prescindere, ancora più che in passato, da una severa analisi delle prestazioni degli stessi, che analizzi in dettaglio gli apparati, a partire dalle singole funzionalità fino ad considerare le loro prestazioni in una catena di produzione completa.

Il centro Ricerche RAI e l'IRT[1] hanno svolto, per conto dell'Unione Europea dei Radiodiffusori EBU/UER, una campagna di test mirati a valutare gli apparati in esame. In particolare, i tecnici dell'IRT hanno valutato principalmente i parametri meccanici ed elettrici, mentre il Centro Ricerche RAI ha avuto la responsabilità dei test mirati a valutare le prestazioni degli algoritmi di compressione in termini di qualità dell'immagine.

Il presente articolo riassume i principali risultati ottenuti nella campagna di test ed è così strutturato: nei paragrafi 2 e 3 si fornisce una sintetica descrizione dei due apparati in esame mettendone in evidenza i principali blocchi funzionali; lo scopo di tali paragrafi non è quello di fornire una descrizione esaustiva degli apparati stessi, per cui si rimanda alle pubblicazioni tecniche dei costruttori riportate in bibliografia, ma piuttosto di offrire al lettore alcuni strumenti necessari per comprendere il paragrafo successivo. Si sottolinea inoltre come gli schemi ed i disegni forniti riportino solo gli elementi utili ad una descrizione generale degli apparati e dei formati.

Nel paragrafo 4 vengono riassunti la metodologia ed i principali risultati delle prove eseguite, con particolare attenzione ai test mirati a valutare la qualità dell'immagine offerta dagli algoritmi di compressione utilizzati negli apparati.

2. Il formato DVCPRO™

Il formato DVCPRO rappresenta l'adattamento per applicazioni di tipo broadcast del formato DV[2], originariamente sviluppato per il mercato consumer. Il principio seguito dal costruttore è stato quello di soddisfare le esigenze di robustezza ed affidabilità proprie dell'ambito professionale modificando i principali parametri geometrici e tecnologici del formato DV, mantenendo però in comune con lo stesso, al fine di condividerne l'economia di scala dei relativi processi produttivi, sia l'algoritmo di compressione sia le dimensioni della cassetta.

Lo schema a blocchi dell'apparato è riportato in figura 1, mentre i principali parametri geometrici e meccanici del formato DVCPRO sono riportati in tabella 1; per una descrizione più dettagliata, oltre alla descrizione riportata nel seguito, si veda (Bibl. 1).

2.1 Catena di registrazione e riproduzione

2.1.1 Segnale video

Gli apparati DVCPRO sono provvisti di interfacce conformi allo standard SDI (Bibl. 2, 3) e delle normali interfacce analogiche di uso comune in ambiente professionale.

È inoltre prevista la possibilità, tramite l'uso di interfacce SDTI, di trasferire il segnale compresso tra macchine della stessa

Fig. 1 - Schema a blocchi dell'apparato di videoregistrazione digitale DVCPRO.

famiglia a velocità 4 volte superiore a quella reale.

2.1.2 Segnale audio

Il formato DVCPRO consente la registrazione di due canali audio campionati ad una frequenza di 48 kHz, sincrona con il segnale video, e quantizzati utilizzando 16 bit, secondo la norma AES/EBU (Bibl. 4). Il segnale audio non subisce alcun processo di compressione.
Il formato consente inoltre la registrazione di un canale audio analogico su una traccia longitudinale.

2.1.3 Dati ancillari

Il formato DVCPRO consente all'utente la registrazione, in una specifica area del nastro, di un flusso di dati pari a 1872 byte per frame.
Inoltre, poiché nel formato DVCPRO non vengono registrate le linee corrispondenti all'intervallo di cancellazione verticale, è possibile registrare il time code longitudinale (LTC) oppure il time code verticale (VITC) in una apposita porzione della traccia elicoidale sotto forma di dati ancillari; durante il playback, le linee e/o i dati registrati vengono automaticamente reinseriti nella posizione originale.

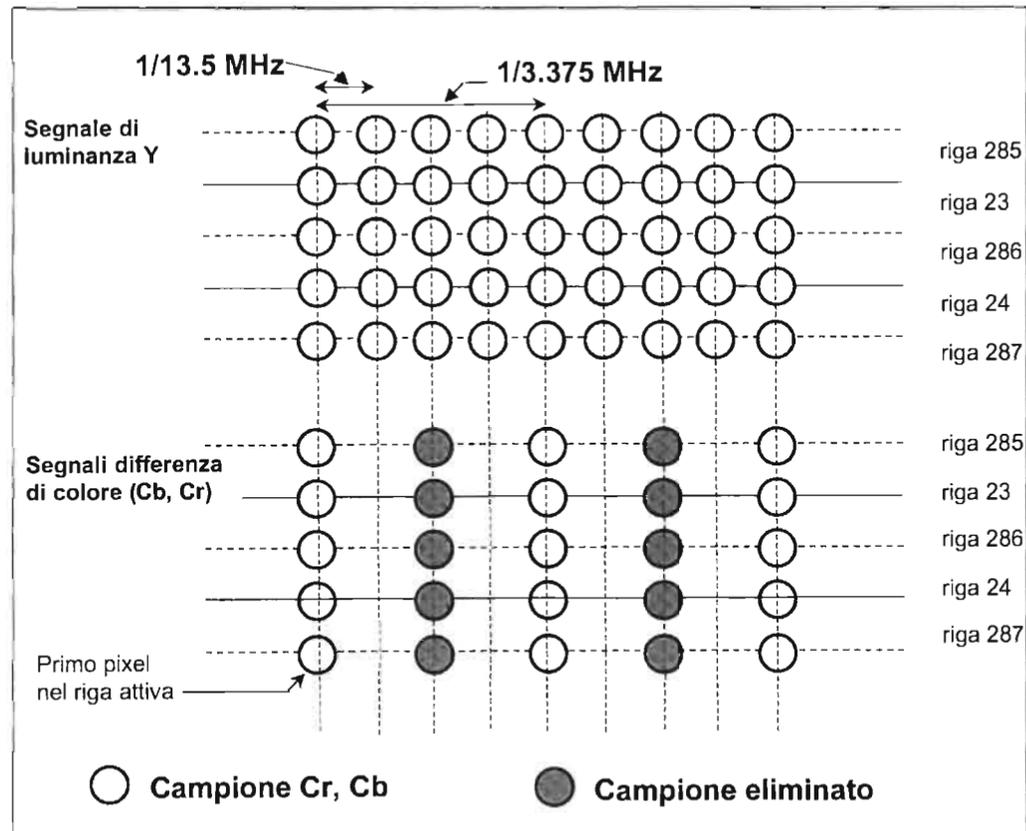
2.1.4 Algoritmo di compressione video

Il DVCPRO utilizza l'algoritmo di compressione DV a 25Mbit/s (fattore di compressione circa 5:1) nella versione che prevede il sottocampionamento del segnale di crominananza secondo la struttura di campionamento 4:1:1. La scelta di sottocampionare si basa sul presupposto che il segnale di crominanza abbia un peso inferiore a quello del segnale di luminanza nella definizione complessiva della qualità del

Tabella 1
Principali caratteristiche del formato DVCPRO

	DVCPRO	**525/60**	**625/50**
	Data rate registrato	41.85 Mbit/s	
	Tracce longitudinali	Cue track / Control track	
Segnale Video	Campionamento	4:1:1 (13.5 MHz per Y) Rec ITU-R BT 601	
	Bit per campione	8	
	Segnale registrato	480 linee attive	576 linee attive
	Algoritmo di compressione	DV	
	Bit rate video	24.948 Mbit/s	
	Rapporto di compressione	5:1	
	Rapporto Dati/E.C.C	21 %	
Codifica	Codice di canale	Codice 24-25, Scrambled NRZI	
	Codice di correzione (FEC)	Reed Solomon Product Code	
	Video Inner/Outer	(85,77) / (149,138)	
	Audio Inner/Outer	(85,77) / (14,9)	
Segnale Audio	Frequenza di campionamento	48 kHz	
	Quantizzazione	16 bit	
	Rapporto Dati/E.C.C	92 %	
	Numero di canali	2	
Parametri Geometrici	Tracce/frame	10	12
	Larghezza Traccia **W**	18 μm	
	Minima lunghezza d'onda λ_{min}	0.49 μm	
	$\mathbf{W} \times (\lambda_{min})^2$	4.32 μm^3	
	Angolo traccia (Track angle)	9.1784	
	Wrap angle	174°	
	Azimuth	-19.97° +20.03°	
Parametri Meccanici	Diametro Tamburo	21.7 mm	
	Rotazione Tamburo	150/1.001 Hz	150 Hz
	Velocità del nastro	33.813 mm/s	
	Testine di registrazione	2	
Nastro	Dimensioni (width)	1/4" (6.35 mm)	
	Dimensioni (thickness)	8.5 μm	
	Tecnologia	Particelle di Metallo	
	Tempo di registrazione	Medium 63 min/ Large 123 min	
	Dimensioni cassetta M/L	97.5 x 64.5 x 14.6 mm / 125 x 78 x 14.6 mm	

segnale, e che, quindi, sia più efficiente, dal punto di vista della codifica, sacrificare la definizione del primo per privilegiare il processo di codifica del secondo. In particolare, nella struttura 4:1:1, riportata in figura 2, i segnali di crominanza C_b e C_r sono sottocampionati orizzontalmente di un fattore 2, ottenendo in questo modo un *raster* di campionamento costituito da 720 pixel di luminanza (campionamento a 13.5 MHz) e 180 coppie di campioni di crominanza (campionamento a 13.5/4 MHz); il sottocampionamento della crominanza consente di ridurre il data rate a monte del processo di compressione di un fattore pari al 25% rispetto al formato a banda piena 4:2:2. Nell'interfaccia di uscita il segnale 4:1:1 viene interpolato in formato 4:2:2[5] al fine di consentire al DVCPRO un normale collegamento con altri apparati tramite l'interfaccia SDI.
L'algoritmo di compressione DV è basato sull'uso della DCT e di una sofisticata ottimizzazione della scelta dei parametri di

Fig. 2 - Schema di campionamento per un segnale in formato 4:1:1.

quantizzazione effettuata in base alle caratteristiche intrinseche del macroblocco[4] da codificare, in aggiunta ad una strategia di *shuffle* che opera sul segnale di ingresso.
Inoltre, la codifica DV sfrutta un algoritmo di motion detection al fine di discriminare tra zone dell'immagine fisse o con poco movimento che sono codificate in modalità *intra frame* e porzioni con molto movimento che sono codificate in modalità *intra field*. Per una completa descrizione dell'algoritmo si veda (Bibl. 5).

2.1.5 Codifica FEC

Nel caso di un videoregistratore con compressione l'uso della codifica FEC (Forward Error Correction) assume un ruolo ancora più importante che nel caso di un registratore senza compressione. Infatti, se è vero che l'uso delle tecniche di compressione riduce il flusso di dati da registrare e consente quindi di allocare maggiori risorse, in termini di nastro, al singolo bit[5], occorre tuttavia sottolineare che registrare un segnale compresso significa registrare i coefficienti della DCT anziché i campioni video.
Di conseguenza in un videoregistratore senza compressione, un errore in lettura incide sul singolo pixel video, viceversa nel caso di un apparato che sfrutta un algoritmo di compressione, lo stesso errore si ripercuote su un gruppo di pixel la cui dimensione dipende dal particolare algoritmo utilizzato. In altri termini, a parità di tasso di errore, si può avere un effetto sulla qualità dell'immagine devastante oppure minimo a seconda che si usi la compressione o meno.
Poiché comunque in un formato di videoregistrazione digitale si cerca sempre di ridurre al minimo i parametri geometrici

quali la minima lunghezza d'onda λ_{min} e la larghezza di traccia W, è indispensabile che i codici FEC siano in grado di mantenere il tasso di errore a livelli prossimi allo zero.
In tutti i videoregistratori digitali la codifica FEC viene attuata tramite due codici di Reed Solomon con interleaving; per una completa analisi di tali codici e del modo in cui vengono utilizzati nell'ambito della videoregistrazione si vedano (Bibl. 6, 7).
In particolare, nel formato DVCPRO vengono usati i seguenti codici:

	Codice Esterno	Codice Interno
Segnale Video	RS (149, 138)	RS (85,77)
Segnale Audio	RS (14, 9)	RS (85,77)

A valle dei processi di codifica FEC il data rate associato al segnale video assume il valore 30.4 Mbit/s, corrispondente ad un incremento pari al 21% rispetto al segnale originale, mentre il data rate associato al segnale audio assume il valore 2.96 Mbit/s, equivalente ad un incremento pari al 92%.

2.1.6 Codifica di canale

Nel formato DVCPRO si utilizza una codifica di canale[6] 24-25 ed un processo NRZI (Non Return To Zero Inverted) (Bibl. 7).

2.1.7 Concealment

Il DVCPRO attua la strategia di concealment[7] prevista nello standard DV (Bibl. 5). L'efficacia della strategia del concealment impiegata nell'apparato in questione è stato oggetto di test come descritto nel paragrafo 4.1

2.2 Implementazione

2.2.1 Geometria del Formato

La figura 3 riporta la geometria (*track pattern*) del formato DVCPRO.

M1 = 0.876	M2 = 2.810	M3 = 27.548	M4 = 0.906	α 1 = 19.97°	α 2 = 20.03
A = 0.35	B = 0.4	W = 6.35	F = 5.24	Lr = 32.842	α ≈ 9°

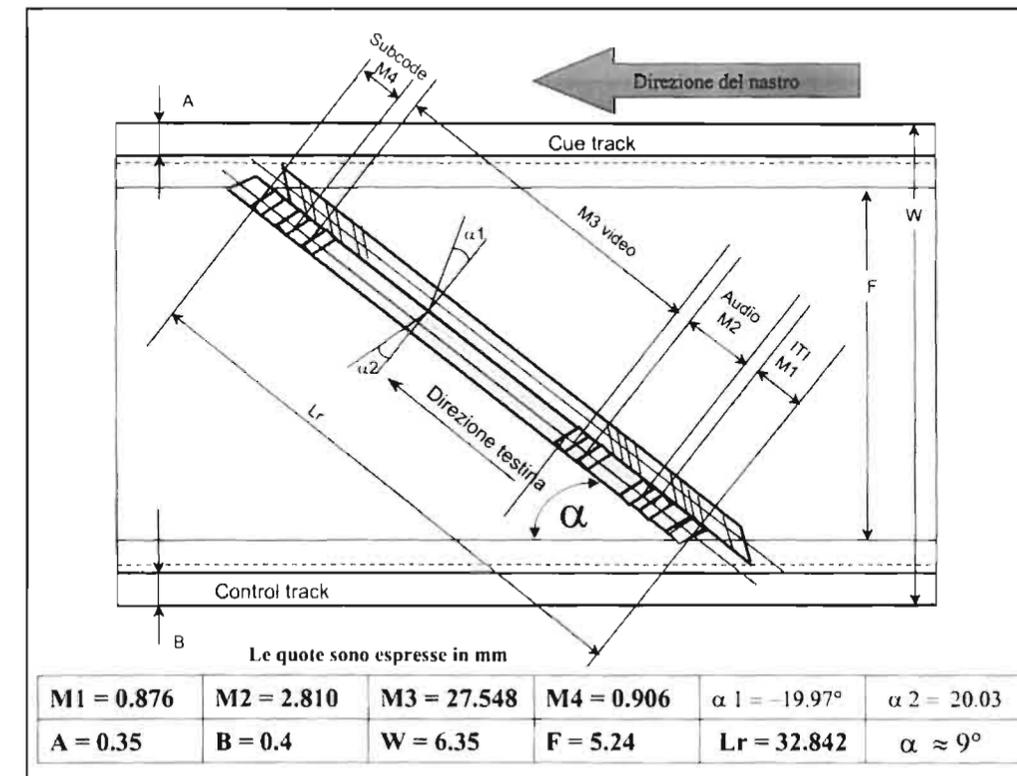



Fig. 3 - *Track pattern* per il formato DVCPRO.

La minima lunghezza d'onda λ_{min} registrata sul nastro e la larghezza di traccia W risultano rispettivamente pari a 0.49 µm e 18 µm, valori che portano ad un termine W x λ_{min}^2 pari a 4.32 µm³. Ogni traccia è costituita nell'ordine da un settore ITI (Insert and Track Information), un settore audio, un settore video ed un settore subcode, tutti separati da opportuni *edit gap* per consentire l'editing dei singoli settori costituenti la traccia.
Il settore ITI è un segnale di riferimento che fornisce il controllo del tracking durante le operazioni di insert. I settori audio, video e sub-code sono composti rispettivamente da 14, 149 e 12 sync block, oltre agli opportuni preamboli e postamboli necessari per la lettura dei singoli sinc-block.
Il formato è segmentato ed ogni frame è registrato su 10 tracce nel sistema 525/60 e 12 tracce nel sistema 625/50.
Il formato DVCPRO utilizza una registrazione di tipo azimutale con angoli pari a circa ± 20°.

2.2.2 Tamburo

Sul tamburo DVCPRO, il cui schema è riportato in figura 4, sono allocate complessivamente 6 testine (due di registrazione, due di lettura e due di cancellazione). Al fine di migliorare le prestazioni per particolari funzionalità (per es. slow motion o sostituzione automatica di testine di lettura in condizione di *clog*) le testine di scrittura possono essere utilizzate in lettura.
La caratteristica più rilevante del tamburo consiste nelle sue stesse dimensioni di soli 21.7 mm, con una frequenza di rotazione pari a 9000 giri al minuto nello standard 625/50.

2.2.3 Segnali pilota

Nel formato DVCPRO il *tracking* avviene utilizzando segnali pilota opportunamente inseriti, tramite la modulazione detta 24-25, sul flusso di bit prima della registrazione. Tale tecnica è stata mutuata dal formato DV e il relativo schema di principio è riportato in figura 5. La modulazione 24-25 si basa sul principio di misurare un opportuno parametro del segnale da registrare (DVS =Digital Sum Variation), legato al rapporto tra bit di valore "0" ed "1", cioè al valore di componente continua, per gruppi di 24 bit consecutivi. In base al risultato ottenuto, viene quindi opportunamente aggiunto un bit in modo da inserire uno dei tre possibili toni pilota: f_0, f_1, f_2. I toni f_1 ed f_2 corrispondono rispettivamente alle frequenze a 465 KHz ed 697.5 KHz, mentre il "tono" f_0 corrisponde al fatto di filtrare il più possibile le componenti a frequenza f_1 ed f_2 presenti nei dati originali.
La modulazione 24-25 viene quindi applicata in modo da ottenere sul nastro una sequenza di tracce in cui sono inseriti i toni pilota secondo lo schema f_0, f_1, f_0, f_2, f_0, f_1, f_0, f_2 etc., come riportato in figura 5.
In fase di playback di una traccia di tipo f_0, la testina, che è più larga della traccia, legge anche una porzione delle tracce adiacenti con i rispettivi toni pilota che, per come sono disposte le tracce, saranno uno di frequenza f_1 e l'altro di frequenza f_2. Questo è possibile anche perché i toni pilota hanno frequenze sufficientemente basse (lunghezze d'onda lunghe) tali da non essere affette dal meccanismo di registrazione azimutale, cioè possono essere letti da testine deputate a leggere le tracce con azimuth differente.
In questo modo, se la testina è allineata con la traccia f_0 legge una porzione uguale di tracce di tipo f_1 ed f_2 e quindi l'ampiezza dei rispettivi toni pilota letti sarà identica; viceversa, in presenza di un errore di tracking, uno dei due toni pilota avrà una ampiezza maggiore dell'altro, e tale differenza potrà essere utilizzata per modificare la fase del *capstan* e correggere l'errore di *tracking*.

2.2.4 Nastro

Il formato DVCPRO utilizza un nastro da 1/4 di pollice i cui parametri fondamentali sono riportati in tabella 1. La tecnologia costruttiva del nastro è a particelle di metallo e lo spessore è di circa 8.5 micrometri.

2.2.5 Compatibilità con altri formati

Come precedentemente affermato, il DVCPRO risulta una evoluzione del formato

Fig. 4 - Tamburo del videoregistratore DVCPRO.

Fig. 5 - Principio di funzionamento dei toni pilota nel formato DVCPRO.

DV e ne condivide i parametri geometrici della cassetta. Questo consente al DVC-PRO di essere compatibile in lettura, ma non in registrazione, con nastri in formato DV, utilizzando eventualmente opportuni adattatori per le cassette DV di piccole dimensioni. Per una completa definizione della compatibilità con altri apparati basati su standard DV si veda (Bibl. 8).

3. Il formato Betacam SX™

Il formato di videoregistrazione Betacam SX è basato su una versione dell'algoritmo di compressione MPEG-2 4:2:2P@ML (Bibl. 9, 10); nelle intenzioni del costruttore il formato rappresenta la fase evolutiva successiva al BetacamSP, con cui viene mantenuta la compatibilità grazie all'uso di un nastro da 1/2 pollice.

Nel seguito viene fornita una descrizione sintetica delle principali caratteristiche del formato Betacam SX; per una descrizione più dettagliata del formato e delle funzionalità peculiari degli apparati si veda (Bibl. 11).

Lo schema a blocchi dell'apparato è riportato in figura 6 mentre i principali parametri geometrici e meccanici sono riassunti in tabella 2.

Tabella 2
Principali caratteristiche del formato Betacam SX

	Betacam SX	525/60	625/50
	Data rate registrato	43.8552 Mbps	
	Tracce longitudinali	CTL / TIME CODE / AUX	
Segnale Video	Campionamento	4:2:2 (13.5 MHz per Y) Rec ITU-R BT 601	
	Bit per campione	8	
	Segnale registrato	507 linee/frame	608 linee/frame
	Algoritmo di compressione	MPEG-2 4:2:2P@ML	
	Bit rate video	18 Mbit/s	
	rapporto di compressione	10:1	
	Rapporto Dati/E.C.C	42 %	
Codifica	Codice di canale	Partial Response IV	
	Codice di correzione (FEC)	Reed Solomon Production code	
	Video Inner/Outer	Non pubblicato	
	Audio Inner/Outer	Non pubblicato	
Segnale Audio	Frequenza di campionamento	48 kHz	
	Quantizzazione	16 bit	
	Rapporto Dati/E.C.C	159 %	
	Numero di canali	4	
Parametri Geometrici	Tracce/GoP (GoP= 2 frame)	10	12
	Larghezza traccia W	32 μm	
	Minima lunghezza d'onda λ_{min}	0.744 μm	
	$W \times (\lambda_{min})^2$	17.71 μm^3	
	Angolo traccia (Track angle)	4.62	
	Wrap angle	> 180° (Hybrid R.) 254° (Camcorder)	
	Azimuth	-15.264 (track 0) 15.236 (track 1)	
Parametri Meccanici	Diametro Tamburo	81.4 mm (Hybrid R.) 50 mm (Camcorder)	
	Rotazione Tamburo (Hybrid R.)	74.925 Hz	75 Hz
	Rotazione Tamburo (Camcorder)	37.4625	37.5 Hz
	Velocità del nastro	59.575 mm/s	
	Testine di registrazione	2	
Nastro	Dimensioni (width)	½" (12.7 mm)	
	Dimensioni (thickness)	14.5 μm	
	Tecnologia	Particelle di metallo (Hi-Packing™)	
	Tempo di registrazione	Small 60 min / Large 184 min	
	Dimensioni cassetta S	15.5 x 9.5 x 2.5 mm	

Prove EBU sui nuovi formati DVCPRO e Betacam SX

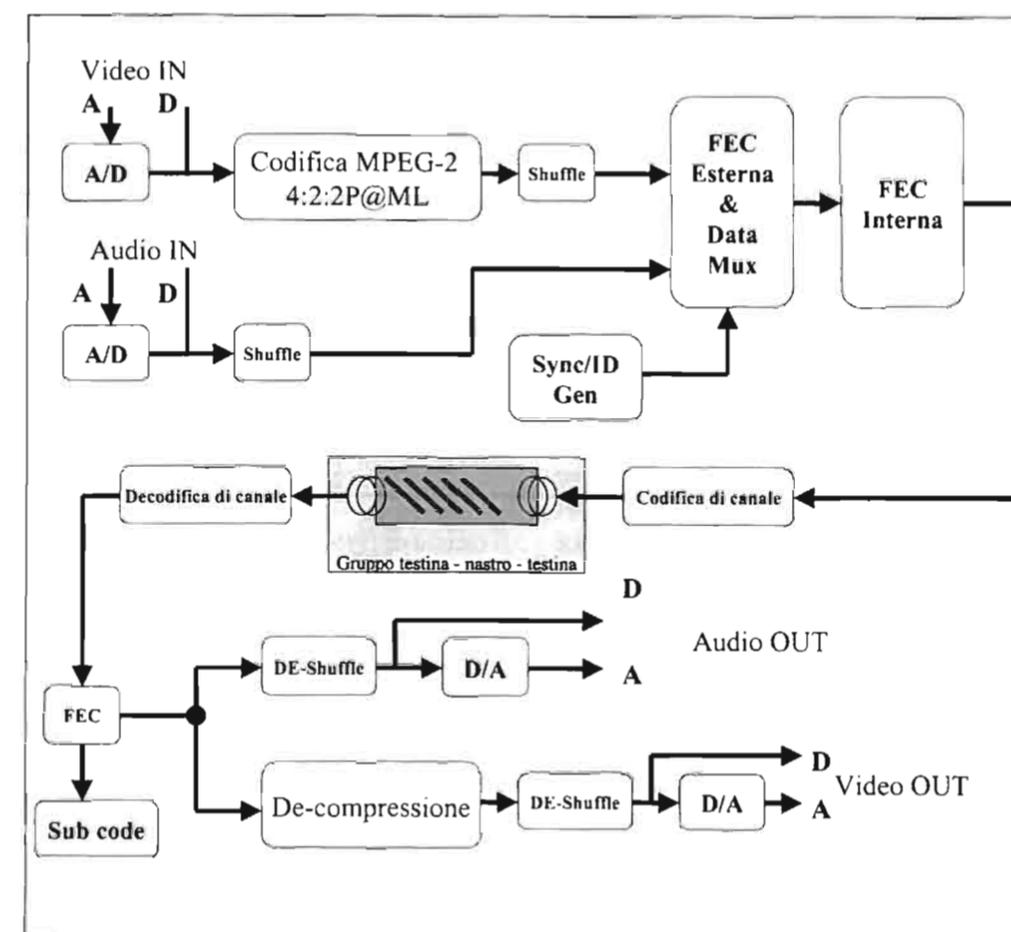



Fig. 6 - Schema a blocchi dell'apparato di videoregistrazione digitale Betacam SX.

3.1 Catena di registrazione e riproduzione

3.1.1 Segnale video

Gli apparati Betacam SX sono provvisti di interfacce conformi allo standard SDI (Bibl. 3) e delle normali interfacce analogiche di uso comune in ambiente professionale.

In futuro, sono previste interfacce SDTI (Bibl. 8) in grado di trasportare l'*elementary stream* MPEG-2 al fine di consentire il trasferimento del segnale compresso tra macchine della stessa famiglia a velocità 4 volte superiore a quella reale.

Nel formato Betacam SX vengono registrate 608 linee nel formato 625/50 e 507 nel formato 525/60; questo rende possibile tra l'altro l'accesso ai segnali quali il VITC (Vertical Interval Time Code).

3.1.2 Segnale audio

Il formato Betacam SX consente la registrazione di quattro canali audio digitali campionati a 48 KHz e quantizzati su 16 bit, secondo la norma AES/EBU. Il segnale audio non subisce alcun processo di compressione, per cui il bit rate totale associato al segnale audio risulta pari a 3.072 Mbit/s.

Il formato consente, inoltre, la registrazione di un canale audio analogico su una traccia longitudinale.

3.1.3 Algoritmo di compressione video

L'algoritmo utilizzato per la compressione del segnale video è una versione del profilo 4:2:2P@ML dello standard MPEG-2[8]; i principali parametri di codifica sono:

- Bit rate : 18 Mbit/sec (fattore di compressione circa 10:1)
- GoP : struttura a GoP aperto di tipo IB

La struttura a GoP utilizzata prevede l'impiego di frame di tipo "I" alternati a frame di tipo "B"[9], secondo lo schema I-B-I-B-I...dove ogni frame di tipo B dipende da entrambi i frame di tipo I precedenti e seguenti; tale struttura di GoP viene definita aperta.
Il vantaggio principale dell'utilizzo di una struttura a GoP consiste nel fatto che in media, a parità di bit rate, la qualità dell'immagine risulta essere più elevata rispetto a quella che si otterrebbe con una codifica che non utilizzasse frame di tipo "B", cioè con una codifica di tipo puramente intraframe.
Per contro, la decodifica di un frame B è possibile se e solo se sono disponibili entrambi i frame di tipo I precedenti e seguenti lo stesso. Si supponga per esempio di voler eseguire una semplice operazione di montaggio a taglio partendo da due flussi compressi: a causa della struttura del GoP aperto, per garantire di poter editare il segnale video in un qualunque punto, è necessario prevedere di decodificare una parte del segnale, eseguire l'operazione di taglio, e quindi codificarlo nuovamente; una struttura di questo tipo potrebbe quindi incidere sulla qualità delle multigenerazioni.
Occorre, infine, sottolineare che la casa costruttrice, al fine di ottimizzare le operazioni che richiedono la lettura del nastro a velocità diversa da quella nominale (shuttle e jog), ha deciso di utilizzare un ordinamento dei coefficienti DCT sul nastro non conforme allo standard MPEG-2; il bit stream così ottenuto viene definito *stream SX nativo*.
Per poter decodificare lo *stream SX nativo* occorre, quindi, riordinare i coefficienti DCT tramite un'operazione inversa. La SONY si è a tal proposito impegnata a rendere noto l'algoritmo necessario e a rendere disponibile sul mercato un chip che lo implementi.

3.1.4 Codifica FEC

I codici FEC utilizzati sono codici Reed Solomon, anche se il costruttore non dichiara i parametri dei codici utilizzati.
Il data rate totale trasferito sul nastro, considerando anche i segnali ausiliari, risulta essere pari a circa 43 Mbit/sec, con un incremento dovuto ai codici pari al 42%.

3.1.5 Codifica di canale e Viterbi

Il formato Betacam SX utilizza un codice di canale di tipo Partial Response classe IV con polimonio generatore $g(x)= x^2 +1$.
La decodifica di Viterbi (Bibl. 12) utilizza una metrica statistica per determinare la posizione di massima verosimiglianza di un campione errato letto dal nastro. In termini pratici Viterbi consente un guadagno di circa 3 dB sul rapporto segnale rumore sul nastro. Ricordando che il rapporto segnale rumore risulta proporzionale alla larghezza della traccia W, l'uso di Viterbi consente di dimezzare la traccia a parità di prestazioni.

3.1.6 Concealment

Il Betacam SX non prevede alcuna strategia di concealment, quindi eventuali errori presenti sui dati a valle dei processi di correzione si ripercuotono sull'immagine. Il costruttore ritiene quindi che i codici FEC applicati siano di robustezza sufficiente da impedire tale ipotesi. L'analisi della robustezza dei formati è stato uno dei punti esaminati nell'ambito dei test EBU, per cui si rimanda al paragrafo 4.2 per ulteriori commenti a riguardo.

3.2 Implementazione

3.2.1 Geometria del formato

I principali parametri geometrici del formato sono riportati in figura 7.

Le quote sono espresse in mm

A = 0.4	B = 0.4	C = 0.6	α 1 = −15.264	α 2 = 15.236	
L = 108.823	K = 36.411	M = 3.019	N = 1.143	I = 32 µm	α ≈ 4.62

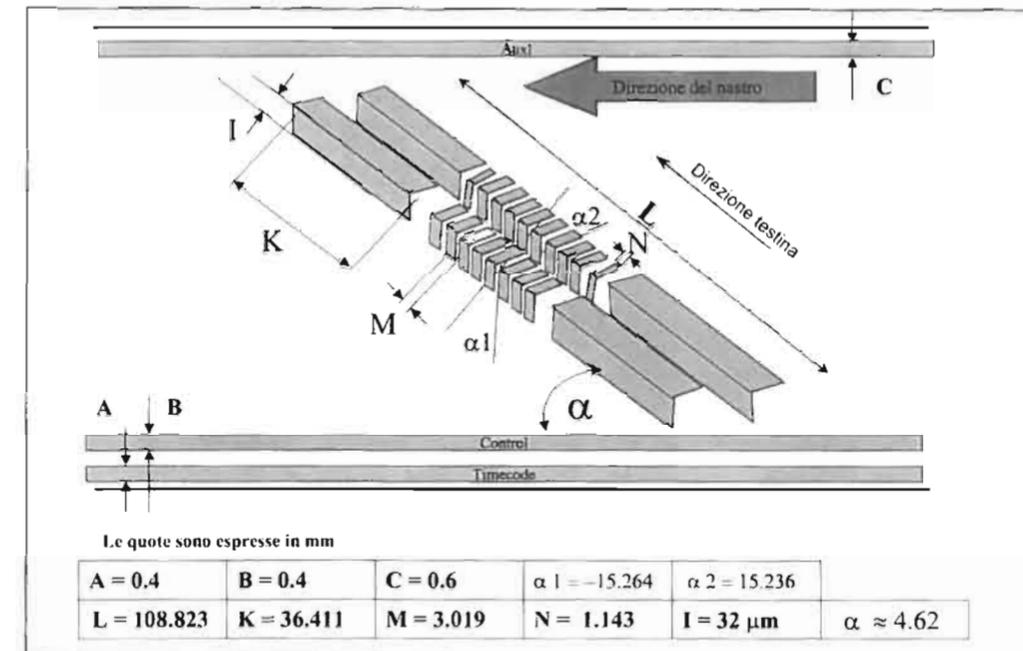



Fig. 7 - Track pattern per il formato Betacam SX.

La minima lunghezza d'onda λ_{min} registrata sul nastro e la larghezza di traccia W risultano rispettivamente pari a 0.744 µm e 32 µm, valori che portano ad un termine $W \times \lambda_{min}^2$ pari a 17.71 μm^3. Ogni traccia è costituita da un settore video ed otto settori audio posti al centro del nastro. Inoltre, su alcune tracce (quattro ogni sei) sono presenti due settori "dati".
Il formato è segmentato ed ogni GoP (2 frame) è registrato su 12 tracce nel sistema in 625/50 e 10 tracce nel sistema 525/60.
Il costruttore afferma che la geometria del formato Betacam SX risulta mutuata direttamente da quella del Digital Betacam.

3.2.2 Tamburo

Nell'ambito della famiglia dei prodotti Betacam SX vengono utilizzati tamburi di dimensioni differenti nel camcorder e nel registratore da studio Hybrid recorder (Tabella 2).
In particolare il camcorder utilizza un sistema di *tracking* convenzionale (Bibl. 6), mentre l'Hybrid recorder utilizza un sistema *non tracking* basato su tecnologia MHT (Multiple Head Technology).

• Camcoder.
L'allocazione delle testine sul tamburo del Camcorder è riportata in figura 8. Nel Camcorder si usano quattro testine, anziché due, per dimezzare la velocità di rotazione del tamburo e diminuire il rumore acustico dello stesso.

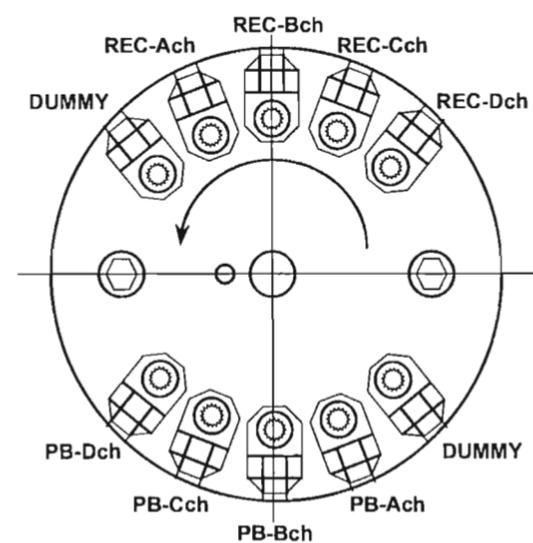
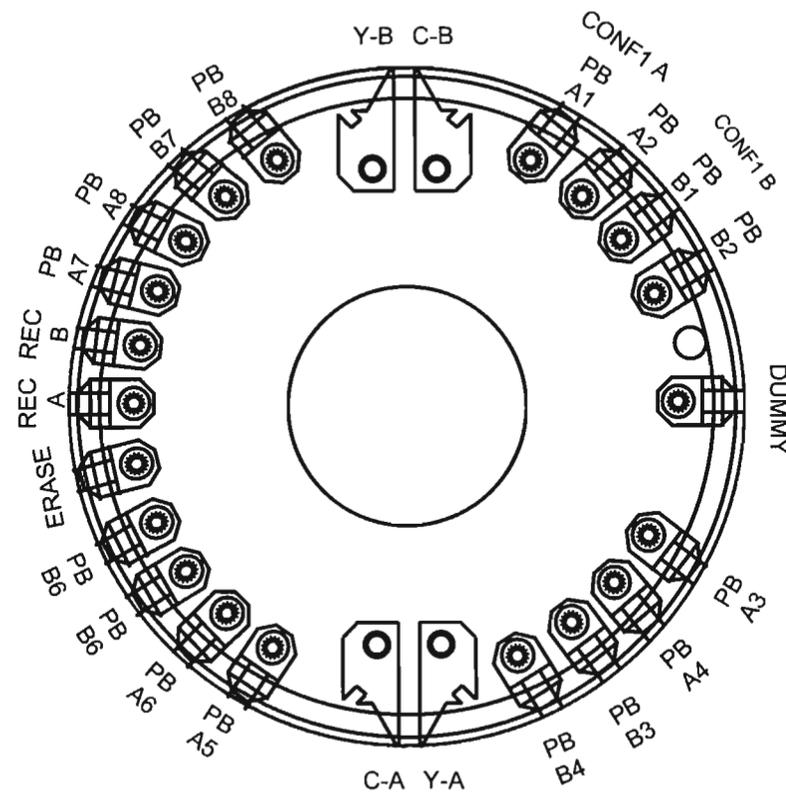



Fig. 8 - Tamburo del Camcorder Betacam SX.

Fig. 9 - Tamburo del Hybrid Recorder Betacam SX.

• Hybrid recorder
L'allocazione delle testine sul tamburo del Hybrid Recorder è riportata in figura 9. Sul tamburo vengono allocate 16 testine di lettura, che sono necessarie in quanto l'Hybrid Recorder utilizza un sistema *non-tracking*. Il tamburo contiene due insiemi (uno per ogni *azimuth*) di testine suddivisi in coppie. In ogni coppia, le due testine risultano sfasate di una larghezza pari a quella della traccia, per cui quando una testina è completamente fuori traccia, l'altra risulta perfettamente allineata; quando entrambe le testine sono posizionate a metà della traccia, entrambe sono in grado di leggere correttamente i dati. Combinando l'output da entrambe le testine, si ottiene un segnale esente di errori per qualunque relazione di fase nastro tamburo. La testina *dummy* risulta la prima ad entrare a contatto con il nastro e svolge un ruolo puramente meccanico di sollecitazione e pulizia del nastro, in modo da ottimizzare il contatto delle testine successive.
Il numero elevato di testine consente inoltre di leggere i dati contenuti sul nastro anche ad una velocità superiore a quella nominale. In particolare, una delle caratteristiche dell'Hybrid recorder è quella di essere in grado di trasferire i dati dal nastro all'Hard Disk contenuto nell'Hybrid recorder stesso con una velocità pari a 4 volte quella reale.
Infine, le testine Y e C consentono la lettura dei tradizionali nastri BetacamSP.

3.2.3 Nastro

Il formato Betacam SX utilizza un nastro da 1/2" a particelle di metallo ultrafini (Tecnologia Hi-Packing™) progettato appositamente per il nuovo standard. È inoltre possibile usare anche il nastro del BetacamSP ed in questo caso, poiché la velocità lineare del nastro risulta essere dimezzata rispetto al formato analogico, la durata del nastro risulta raddoppiata.

3.2.4 Compatibilità con altri formati

L'uso di un nastro da 1/2" e di testine opzionali allocate sul tamburo consentono al Betacam SX di leggere i nastri formato Betacam analogico.

4. I test EBU sui nuovi formati di acquisizione

I test sono stati condotti dal gruppo P/DTR[10], su mandato dell'Unione Europea dei Radiodiffusori EBU/UER. La finalità e la metodologia dei test sono stati discussi insieme ai progettisti degli apparati, che sono stati inoltre coinvolti in più occasioni durante lo svolgimento delle operazioni. I test sono stati svolti presso l'IRT, in Germania, per quanto riguarda gli aspetti implementativi, sistemistici e di conformità alle norme EMC, mentre il Centro Ricerche RAI ha avuto la responsabilità dei test relativi alla valutazione della qualità dell'immagine garantita dagli algoritmi di compressione. In particolare sono stati eseguiti sei gruppi di test mirati ad analizzare i seguenti aspetti:

1. Robustezza del formato: capacità di leggere correttamente i dati dal nastro quando l'apparato in esame si trovi ad operare, per differenti motivi, in condizioni avverse.
2. Formato di codifica: processing dei segnali audio, video e dati.
3. Integrazione dell'apparato in diversi scenari di produzione: sono state simulate diverse catene di produzione televisiva.
4. Compatibilità: capacità degli apparati di leggere nastri registrati con apparati utilizzanti diversi standard.
5. Conformità alle norme: conformità delle interfacce alle norme tecniche.
6. Implementazione del formato: test specifici sulle apparecchiature e sulle loro prestazioni.

Nel seguito verranno riassunti i risultati salienti ottenuti nei test; una descrizione in maggior dettaglio è disponibile in (Bibl. 13, 14).

4.1 I test sul DVCPRO

Per ognuno dei test dei diversi gruppi vengono di seguito riportati la finalità del test, la procedura applicata ed i risultati ottenuti.

4.1.1 Robustezza del formato

Per eseguire questa prova la casa costruttrice ha fornito una versione modificata dell'apparato dove fosse possibile variare in modo controllato la posizione delle testine sul tamburo, in modo da creare condizioni di fuori traccia, e disattivare i circuiti che implementano il FEC ed il Concealment.

4.1.1.1 Prestazioni del gruppo testine nastro

A. Scopo: Valutare le prestazioni delle testine e la qualità del contatto nastro testina[11].

Procedura: Sono stati disattivati i circuiti che implementano il FEC ed il Concealment ed è stato quindi registrato sul nastro un segnale noto (valore binario "128"). Il segnale è stato quindi riletto e confrontato con il segnale originale, misurando il tasso di errore sul byte.

Risultato: Il tasso di errore sul byte misurato è risultato compreso nell'intervallo $5 \times 10^{-4} \div 5 \times 10^{-5}$, valore che può essere considerato basso ed in linea con lo stato dell'arte.

B. Scopo: Valutare le prestazioni del gruppo testine nastro in condizioni di disallineamento delle testine rispetto alle tracce.

Procedura: Le testine sono state portate in condizioni di fuori traccia (passo di 1μm) ed è stato quindi letto il tasso di errore secondo la stessa procedura riportata nel test precedente.

Risultato: Portando le testine fuori traccia fino a ±9 μm, quindi fino al 50% della larghezza di traccia (18 μm), il tasso di errore non risulta praticamente variato rispetto al caso in cui la testina risulta centrata sulla traccia. Per valori maggiori si manifesta un repentino aumento del tasso di errore.

4.1.1.2 Prestazioni dei codici FEC

Scopo: Valutare le prestazioni dei codici FEC implementati nel formato. Si intendono valutare le prestazioni in un caso reale di funzionamento (non facilmente simulabile) e non le prestazioni degli algoritmi in termini matematici, note dalle teoria.

Procedura: Avendo riattivato il circuito che implementa il FEC, è stato misurato il tasso di errore in diverse condizioni di disallineamento delle testine.

Risultato: Il tasso di errore risulta nullo per posizioni di disallineamento delle testine comprese nell'intervallo -11 μm÷+13 μm. I primi errori non corretti si manifestano per le posizioni di offset -13 μm ÷+14 μm.

Conclusioni: Le misure dimostrano che l'apparato è in grado di offrire un buon margine di operatività anche in condizioni di funzionamento non ottimali.

4.1.2 Resistenza agli agenti ambientali

Scopo: Verificare le prestazioni degli apparati in condizioni operative ambientali ostili.

Procedura: Sono state eseguite registrazioni audio (SDI *embedded*, -9dBFS, 997 Hz) e video (barre di colore 75%) ponendo il Camcorder in camera termica e percorrendo il seguente ciclo (Bibl. 15):

A. Temperatura: 20 °C Umidità relativa 50%.
B. Temperatura: 0 °C Umidità relativa 20%.
C. Temperatura: 0 °C Umidità relativa 40%.
D. Temperatura: 40 °C Umidità relativa 10%.
E. Temperatura: 40 °C Umidità relativa 80%.

Per ogni diverso punto del ciclo termico è stata eseguita una registrazione di lunghezza pari a 4'. Sono quindi state eseguite misure di *error-rate*, *concealment* e verifica delle caratteristiche geometriche del formato per le registrazioni eseguite nelle diverse condizioni ambientali; inoltre, sono state eseguite operazioni di *editing* sui segnali audio e video, sia in condizioni di *insert* che *assemble*, su diverse porzioni dei nastri ripetendo quindi le misure di *error-rate* e *concealment*.

Risultato: Sono state verificate le prestazioni dei nastri registrati in differenti condizioni ambientali, successivamente editati o meno, ottenendo in tutti i casi una lettura corretta del nastro (nessun errore visibile e *traffic light*[12] verde).
I parametri geometrici misurati sul nastro sviluppato[13] sono risultate all'interno dei valori di tolleranza previsti dal formato.

4.1.3 Editing ripetuti

Scopo: verificare la robustezza del meccanismo di trasporto del nastro e del nastro stesso.

Procedura: Si è registrato un nastro (barre di colore) e si è misurato l'*error-rate* avendo disabilitato i circuito di FEC e Concealment. Tramite una centralina di montaggio automatica, sullo stesso nastro sono stati successivamente operati 500 *insert* di un singolo frame, incrementando il punto di *mark in* di un frame dopo ogni *insert*. Si è quindi ripetuta la misura di *error-rate* sulla porzione di nastro soggetta all'editing.

Risultato: I valori di *error-rate* prima e dopo le operazioni di editing sono risultati simili.

4.1.4 Channel failure

Scopo: Valutare le prestazioni della strategia di *shuffling* e dell'algoritmo di *concealment* nel caso in cui una delle due testine risulti inabile a leggere il segnale (*clog* o rottura della stessa).

Procedura A: Una delle due testine di lettura è stata disabilitata.

Risultato: Il segnale in uscita risulta essere completamente esente da errori visibili ma tutte le *traffic light* lampeggiano. Questo comportamento è spiegabile tenendo conto che nell'apparato è inserito un controllo automatico in base al quale, se una testina di lettura fornisce in uscita un valore di inviluppo di radiofrequenza inferiore ai 2/3 del valore nominale, questa viene automaticamente disabilitata ed una testina di scrittura viene ad essere utilizzata come testina di lettura. Le *traffic light* lampeggianti comunicano comunque questa emergenza all'operatore.

Procedura B: Una delle due testine di lettura e il circuito di sostituzione automatica sono stati disabilitati. Il costruttore ha fornito un apparato dove tale funzione poteva essere esclusa al solo <u>scopo di eseguire il test in sede EBU.</u>

Risultato: L'immagine risulta ovviamente fortemente compromessa, a causa dell'impossibilità di leggere metà dei dati; viceversa, il segnale audio non manifesta degrado, in quanto, essendo il segnale audio registrato due volte su tracce differenti, la testina residua è sufficiente per leggere tutti i dati audio.

4.1.5 Implementazione del formato

4.1.5.1 Sostituzione del tamburo

Scopo: Valutare la complessità richiesta dall'operazione di sostituzione del tamburo.

Procedura: Una porzione di nastro è stata registrata e quindi è stato misurato il tasso di errore in lettura. È stato quindi richiesto ad un tecnico della casa costruttrice di operare la sostituzione del tamburo nel minor tempo possibile. Si è quindi letto il nastro precedente utilizzando il nuovo tamburo, verificando nuovamente il tasso di errore. Infine, si è effettuata una operazione di editing in modalità *insert* sul nastro stesso, verificandone il risultato tramite sviluppo del nastro e verifica dei principali parametri geometrici.

Risultato: La procedura di sostituzione dello scanner è stata eseguita in 43' utilizzando le apparecchiature normalmente impiegate per questo genere di operazioni (oscilloscopio, Personal Computer, nastri campione) ed una interfaccia dedicata per la connessione dell'apparato al Personal Computer. I parametri geometrici della porzione di nastro editata in *insert* sono risultati all'interno delle tolleranze previste per lo standard.

4.1.6 Qualità dell'immagine in shuttle

Scopo: Valutare la qualità dell'immagine offerta nella funzionalità shuttle, in diverse condizioni di velocità, utilizzando come termine di confronto le prestazioni del BetacamSP e di un nastro DV letto tramite un apparato DVCPRO.

Procedura: Un gruppo di esperti ha valutato la qualità dell'immagine offerta dai diversi apparati, in diverse condizioni di shuttle, confrontando in contemporanea le immagini su diversi monitor. Poiché gli

apparati forniscono diverse velocità di shuttle, il confronto è stato effettuato tra i valori di velocità più simili.

Risultato: I risultati sono riassunti in tabella 3. Occorre comunque sottolineare che gli esperti che hanno partecipato al test sono stati concordi nel ritenere che il tipo di immagine ricostruita dal sistema digitale, costituita da blocchi appartenenti a frame diversi, risulta essere affetta da disturbi di natura diversa rispetto a quella ricostruita dal sistema analogico, formata da porzioni di frame intervallate da zone prive di immagine (rumore). I risultati del confronto, quindi, possono essere soggetti a componenti di tipo soggettivo, quali per esempio la maggior familiarità degli osservatori con i sistemi tradizionali.

4.1.7 Qualità dell'immagine in slow-motion

Scopo: Valutare la qualità dell'immagine in condizioni di lettura del nastro in *slow-motion*, utilizzando come termine di confronto le prestazioni del BetacamSP e di un nastro DV letto tramite un apparato DVCPRO.

Procedura: Un gruppo di esperti ha valutato la qualità dell'immagine offerta dai diversi apparati, in diverse condizioni di *slow motion*.

Risultato: I risultati sono riassunti in tabella 4.

Tabella 3
Valutazione expert della qualità dell'immagine offerta dall'apparato sotto test in condizioni di lettura in shuttle.

Velocità di Shuttle [x velocità nominale]		BetacamSP	DVCPRO	DV Lettura effettuata su apparato DVCPRO
Forward	5BetacamSP 4.1 DVCPRO 3.1 DV	Accettabile ed adeguata	Peggiore del BetacamSP	Leggermente meglio del DVCPRO
Forward	9.5		Accettabile	Equivalente al DVCPRO
Forward	24 BetacamSP 32 DVCPRO 32 DV	Accettabile	Decisamente peggiore del BetacamSP	Equivalente al DVCPRO
Forward	42	Al limite dell'accettabilità		
Reverse	5 BetacamSP 4.1 DVCPRO 4.1 DV	Accettabile ed adeguata	Peggiore del BetacamSP	Leggermente meglio del DVCPRO a 4.1
Reverse	9.5	-	Accettabile	Equivalente al DVCPRO
Reverse	24 BetacamSP 32 DVCPRO 32 DV	Accettabile	Decisamente peggiore del BetacamSP	Equivalente al DVCPRO
Reverse	42	Al limite dell'accettabilità		

Tabella 4
Valutazione expert della qualità dell'immagine offerta dall'apparato sotto test in condizioni di lettura in slow motion.

Velocità di Shuttle [x velocità nominale]		BetacamSP	DVCPRO	DV Lettura effettuata su apparato DVCPRO
Forward	0.2	Nessun errore visibile	Nessun errore visibile	Nessun errore visibile
Forward	0.5	Nessun errore visibile	Nessun errore visibile	Nessun errore visibile
Forward	1	Nessun errore visibile	Nessun errore visibile	Nessun errore visibile
Reverse	0.2	Nessun errore visibile	Nessun errore visibile	Nessun errore visibile
Reverse	0.43	Nessun errore visibile	Alcune discontinuità sul movimento	Alcune discontinuità sul movimento
Reverse	1.0	Nessun errore visibile	Frammentazione dell'immagine	Frammentazione dell'immagine

4.1.8 Comportamento in caso di Power failure

Scopo: Verificare eventuali danneggiamenti subiti dal nastro in caso di mancanza di tensione di rete.

Procedura: Il cavo di alimentazione è stato rimosso mentre l'apparato si trovava in condizioni di riavvolgimento alla massima velocità. L'alimentazione è stata quindi ripristinata ed il nastro riavvolto ed estratto dall'apparato.

Risultato: Il meccanismo di trasporto del nastro ha uniformemente rallentato la corsa fino a fermarsi e la successiva analisi del nastro non ha consentito di rilevare danneggiamenti ed errori sul segnale audio e video (*traffic light* verde).

4.1.9 Rimozione della cassetta

Scopo: Valutare la complessità dell'operazione di estrazione di una cassetta in caso di mancanza di alimentazione.

Procedura: La cassetta è stata inserita nel videoregistratore ed è stato rimosso il cavo di alimentazione. È stato quindi richiesto ad un tecnico della casa costruttrice di estrarre il nastro nel minor tempo possibile.

Risultato: L'operazione, eseguita in 4'20", non è risultata complessa, ma ha richiesto l'accesso all'apparato smontando il pannello superiore, quindi l'operazione richiederebbe di togliere l'apparato dall'armadio sul quale fosse eventualmente installato. Anche in questo caso l'analisi del nastro non ha rilevato danneggiamenti ed errori sul segnale audio e video (*traffic light* verde).

4.2 I TEST SUL BETACAM SX

Per ognuno dei test dei diversi gruppi vengono di seguito riportati la finalità del test, la procedura ed i risultati ottenuti.

4.2.1 Robustezza del formato

I test sono stati svolti sul Hybrid recorder poiché il gruppo testine del camcorder non era accessibile data l'elevata densità di integrazione del camcorder stesso.

4.2.1.1 Prestazioni del gruppo testine nastro

A. Scopo: Valutare le prestazioni delle testine e la qualità del contatto nastro testina.

Procedura: Come descritto nel paragrafo 3.2.2, l'Hybrid Recorder utilizza una tecnica *non-tracking*, per cui in qualunque posizione reciproca tamburo testine, almeno una delle testine risulta in grado di leggere correttamente la traccia. Prerequisito fondamentale per poter utilizzare questa tecnica è la possibilità di identificare ogni singolo sync-block per mezzo del proprio ID. Per questa ragione, il codice RS interno viene applicato direttamente sui dati letti dal nastro e non è possibile disattivarlo. Non è quindi possibile misurare il tasso di errore sul nastro.

Risultato: Si è proceduto a misurare il numero di sync block dichiarati errati a valle del processo di correzione degli errori effettuato dal codice interno, ottenendo un valore pari a $3,3 \times 10^{-4}$. Considerando che il codice RS esterno risulta in grado di correggere tassi di errore superiori a 1×10^{1}, si può concludere che le prestazioni della coppia dei codici sono tali da garantire un ottimo margine di correzione.

B. Scopo: Valutare le prestazioni del gruppo testine nastro in condizioni di disallineamento delle testine rispetto alle tracce.

Procedura: Poiché il Betacam SX utilizza un sistema *non tracking*, non risulta possibile variare la posizione delle testine rispetto alla traccia. Per procedere al test si è provveduto a modificare la fase relativa tamburo-nastro in modo da ottenere valori di fuori traccia pari a -32, -24, -16, 0, +16, +24, +32, e per ognuno di tali valori è stato misurato il tasso di errore a valle del codice RS interno.

Risultato: Per tutte le condizioni di fuori traccia il tasso di errore è risultato inferiore al valore 1×10^{-5}, per cui, per gli stessi motivi riportati nel paragrafo precedente, si può concludere che le prestazioni dei codici FEC siano tali da garantire il corretto funzionamento anche in condizioni di fuori traccia molto severe.

Conclusioni: Le misure dimostrano che anche in presenza di elevati valori di fuori traccia, l'apparato è in grado di offrire prestazioni esenti da errori, grazie alla combinazione tra il sistema non tracking con numero di testine ridondanti e l'elevato margine di ridondanza introdotto dai codici FEC. L'insieme di queste caratteristiche consente di concludere che l'Hybrid Recorder risulta in grado di operare anche in condizioni non ottimali.

4.2.2 Resistenza agli agenti ambientali

Scopo: Verificare le prestazioni degli apparati in condizioni operative ambientali ostili.

Procedura: Sono state eseguite registrazioni audio (SDI *embedded*, -9dBFS, 997 Hz) e video (barre di colore 75%) ponendo l'Hybrid Recorder in camera termica e percorrendo lo stesso ciclo già definito nel paragrafo 4.1.2.

Per ogni diverso punto del ciclo termico è stata effettuata una registrazione di lunghezza pari a 4'. Sono quindi state eseguite misure di *error-rate* e verifica delle caratteristiche geometriche del formato nelle diverse condizioni ambientali; inoltre, sono state eseguite operazioni di editing sui segnali audio e video in condizioni di *assemble*, su diverse porzioni dei nastri ripetendo le misure di *error-rate*.

Risultato: Sono state verificate le prestazioni dei nastri registrati in differenti condizioni ambientali, successivamente editati o meno, ottenendo in tutti i casi una lettura corretta del nastro (nessun errore visibile e *traffic light* verde).
I parametri geometrici misurati sul nastro sviluppato sono risultati all'interno delle tolleranze previste dal formato.

4.2.3 Editing ripetuti

Scopo: verificare la robustezza del meccanismo di trasporto del nastro e del nastro stesso.

Procedura: L'apparato Hybrid Recorder fornito per i test non consentiva operazioni di *insert* sul nastro, possibili solo sull'hard disk, mentre permetteva operazioni di *assemble* di durata superiore a 0,5 sec e con punto di inizio successivo di almeno 4 frame a quello dell'*assemble* precedente. Al fine di eseguire test comparabili con quelli eseguiti sugli apparati concorrenti sulla stessa fascia di mercato e di applicazione, sono stati eseguiti i seguenti due tipi di test su di un nastro su cui erano stati preventivamente registrati un segnale video (Barre di colore SDI) ed audio (4 canali embedded SDI -9dBFS, 997 Hz):

Test A: 150 operazioni di *assemble* di 5 sec tutte a partire dallo stesso punto di inizio.

Test B: 150 operazioni di *assemble* di 54 frame, spostando ogni volta il punto di inizio di 4 frame in avanti.

Sono stati valutati il tasso di errore prima e dopo le operazioni di assemble avendo disattivato in entrambi i casi il codice RS esterno.

Risultato: In entrambi i test si verifica che in coincidenza dei punti di inizio dell'operazione di assemble, all'uscita del RS interno si ha un picco significativo ($1x10^{-2}$ per il test A ed $5x10^{-2}$ per il test B) del tasso di errore; tuttavia, tale picco risulta, comunque, inferiore al limite di correzione del RS esterno, per cui in condizione di normale funzionamento la coppia di codici è in grado di garantire un segnale esente da errori.

4.2.4 Channel failure

Scopo: Valutare le prestazioni della strategia di *shuffling* nel caso in cui una o più testine risultino inabili a leggere il segnale (clog o rottura).

Procedura: Come evidenziato in figura 9, sul tamburo del Hybrid Recorder sono allocate 16 testine di lettura, per cui, anche nel caso in cui una o due testine vengano disabilitate, l'apparato risulta ancora in grado di leggere i dati in modo completo utilizzando le testine rimanenti.
Il test è stato quindi eseguito sul Camcorder disabilitando una delle testine di lettura.

Risultato: Il segnale video risulta affetto da errori visibili sotto forma di interi gruppi di macroblocchi mancanti, mentre il segnale audio risulta esente da errori.

4.2.5 Implementazione del formato

4.2.5.1 Sostituzione del tamburo

Scopo: Valutare la complessità richiesta dall'operazione di sostituzione del tamburo.

Procedura: È stata seguita la stessa procedura descritta nel paragrafo 4.1.5.1, con la sola differenza che l'operazione di editing è stata in questo caso realizzata in modalità assemble anziché insert, in quanto l'Hybrid Recorder non consentiva operazioni di insert sul nastro.

Risultato: La procedura di sostituzione dello scanner è apparsa semplice ed è stata eseguita in 26' utilizzando le apparecchiature normalmente impiegate per questo genere di operazioni (oscilloscopio, Personal Computer, nastri campione). Il tasso di errore dopo il RS interno ha manifestato un picco ($1x10^{-2}$) in corrispondenza dell'operazione di assemble effettuata con il nuovo tamburo, tuttavia tale valore risulta inferiore al limite delle prestazioni del codice RS esterno. I parametri geometrici della porzione di nastro editata sono risultati all'interno delle tolleranze previste per lo standard.

4.2.6 Qualità dell'immagine in shuttle

Scopo: Valutare la qualità dell'immagine offerta nella funzionalità shuttle, in diverse condizioni di velocità, utilizzando come termine di confronto le prestazioni del BetacamSP. Il test è stato ripetuto sia leggendo il segnale dal nastro sia rileggendo il segnale dal disco fisso.

Procedura: Un gruppo di esperti ha valutato la qualità dell'immagine offerta dai diversi apparati, in diverse condizioni di shuttle, confrontando in contemporanea le immagini su diversi monitor.
Poiché gli apparati forniscono diverse velocità di shuttle, il confronto è stato effettuato tra i valori di velocità più simili.

Risultato: I risultati sono riassunti in tabella 5. Anche in questo caso valgono le considerazioni riportate nel paragrafo 4.1.6.

4.2.7 Qualità dell'immagine in slow-motion

Scopo: Valutare la qualità dell'immagine in condizioni di lettura del nastro *slow-motion*, utilizzando come termine di confronto le prestazioni del BetacamSP.

Procedura: Un gruppo di esperti ha valutato la qualità dell'immagine offerta dai diversi apparati, in diverse condizioni di *slow-motion*.

Risultato: I risultati sono riassunti in tabella 6.

4.2.8 Comportamento in caso di power failure

Tabella 5

Valutazione expert della qualità dell'immagine offerta dall'apparato sotto test in condizioni di lettura in shuttle.

Velocità di Shuttle [x velocità nominale]		BetacamSP		BetacamSX	BetacamSX
		Lettura su BetacamSP	Lettura su BetacamSX	Nastro	Disco
Forward	5	Accettabile ed Adeguato	Accettabile ed Adeguato	Peggiore del BetacamSP	Molto buono
Forward	24	Accettabile	Accettabile	Migliore del BetacamSP	Molto buono
Forward	42 BetacamSP 50 BetacamSX	Ai limiti dell'accettabilita	Migliore del BetacamSP	Migliore del BetacamSP	Molto buono
Forward	100				Molto buono
Reverse	5	Accettabile ed Adeguato	Accettabile ed Adeguato	Peggiore del BetacamSP	Molto buono
Reverse	24	Accettabile	Accettabile	Migliore del BetacamSP	Molto buono
Reverse	42 BetacamSP 50 BetacamSX	Ai limiti dell'accettabilita	Migliore del BetacamSP	Migliore del BetacamSP	Molto buono
Reverse	100				Molto buono

Tabella 6

Valutazione expert della qualità dell'immagine offerta dall'apparato sotto test in condizioni di slow motion. La definizione "Nessun errore" corrisponde corrisponde alla qualità dell'immagine ottenibile con l'apparato sotto test in condizioni di lettura alla velocità nominale.

Velocità di Shuttle [x velocità nominale]		BetacamSP		BetacamSX	BetacamSX
		Lettura su BetacamSP	Lettura su BetacamSX	Nastro	Disco
Forward	0.2	Nessun errore	Identico al BetacamSP	Nessun errore	Nessun errore
Forward	0.5	Nessun errore	Identico al BetacamSP	Nessun errore	Nessun errore
Forward	1.0	Nessun errore	Identico al BetacamSP	Nessun errore	Nessun errore
Reverse	0.2	Nessun errore	Identico al BetacamSP	Nessun errore	Nessun errore
Reverse	0.5	Nessun errore	Identico al BetacamSP	Nessun errore	Nessun errore
Reverse	1.0	Nessun errore	Identico al BetacamSP	Nessun errore	Nessun errore

Scopo: Verificare eventuali danneggiamenti subiti dal nastro in caso di mancanza di tensione di rete.

Procedura A: È stata seguita la stessa procedura descritta nel paragrafo 4.1.8

Procedura B: Il cavo di alimentazione è stato rimosso mentre era in corso il trasferimento dei dati da nastro a disco con velocità 4 volte superiore a quella nominale. Il disco conteneva già alcune sequenze registrate e l'operazione di trasferimento è stata interrotta dopo due minuti, corrispondenti ovviamente ad otto minuti di materiale trasferito sul disco.

Risultato A: Il meccanismo di trasporto del nastro ha uniformemente rallentato la corsa fino a fermarsi e la successiva analisi del nastro non ha evidenziato danneggiamenti ed errori sul segnale audio e video (*traffic light* verde).

Risultato B: I segnali audio e video presenti sul disco prima del test non hanno subito alterazioni, mentre non è stato possibile rileggere alcuna parte del segnale di cui è stata interrotta la registrazione. Dopo il test sono state verificate le diverse funzionalità del disco fisso, eseguendo ulteriori registrazioni in diverse condizioni, senza riscontrare malfunzionamenti.

4.2.9 Test di rimozione della cassetta

Scopo: Valutare la complessità dell'operazione di estrazione di una cassetta dall'apparato.

Procedura: È stata seguita la stessa procedura descritta nel paragrafo 4.1.9

Risultato: L'operazione, eseguita in 3', non è risultata complessa, ma ha richiesto l'accesso all'apparato smontando il pannello superiore, quindi l'operazione prevederebbe di togliere l'apparato dall'armadio sul quale fosse eventualmente installato. L'analisi del nastro non ha rilevato danneggiamenti ed errori sul segnale audio e video (*traffic light* verde).

4.3 Prove soggettive formali

4.3.1 Scopo delle prove soggettive

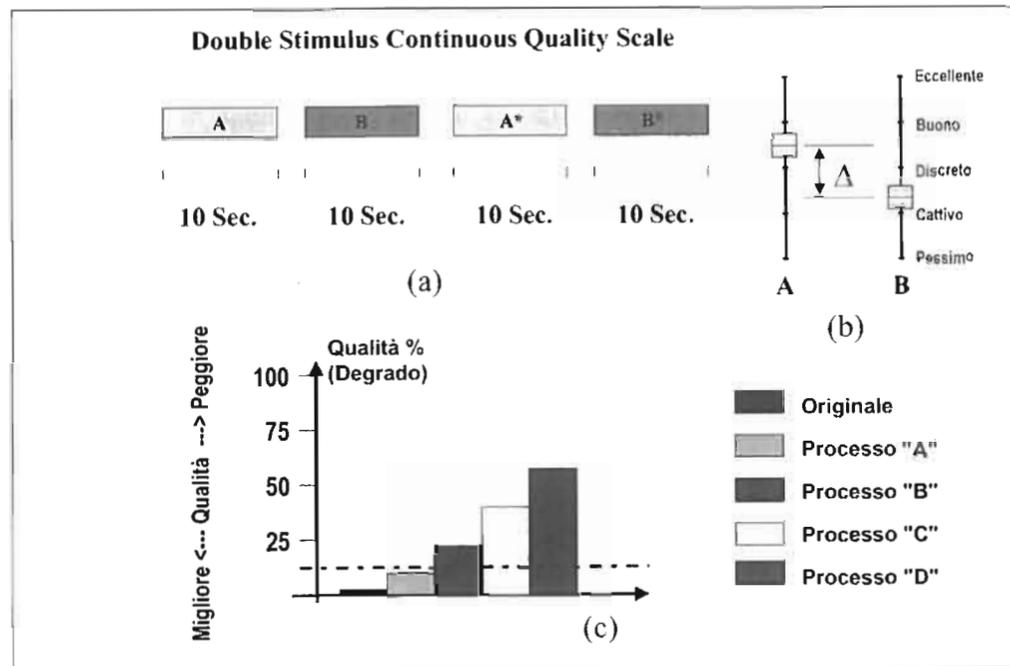
Lo scopo principale di questo gruppo di test è stato quello di verificare le prestazioni, in termini di degrado introdotto sull'immagine, garantite dagli algoritmi in seguito a compressioni in cascata; inoltre, al fine di consentire un confronto con lo scenario produttivo attuale, è stato inserito nel test anche il formato BetacamSP.

Il primo test è stato eseguito a valle del primo processo di codifica, al fine di valutare la qualità di base degli algoritmi in esame, il secondo test è stato effettuato dopo la quarta co-decodifica, caso tipico per un servizio giornalistico, mentre il terzo test ha previsto un'ulteriore fase di lavorazione delle sequenze fino a raggiungere la settima co-decodifica; i tre scenari saranno definiti nel seguito "Acquisition", "Hard News" e "Magazine".

Le prove soggettive sono state svolte in accordo alla Racc. 500 utilizzando osservatori non "esperti" e non coinvolti professionalmente nel ramo della valutazione della qualità del segnale televisivo, in modo da ottenere giudizi il meno possibile affetti da tutti i condizionamenti che viceversa influiscono sull'opinione degli osservatori esperti.

4.3.2 Il metodo DSCQS

Le prove soggettive sono state condotte secondo il metodo DSCQS (Double Stimulus Continuous Quality Scale) definito dalla Racc. ITU-R BT 500-8 (Bibl. 16), utilizzando un numero minimo di 16 osservatori per ogni test.

Fig. 10 - Metodo di valutazione soggettiva DSCQS; ordine di presentazione delle sequenze (a), scala graduata (b) ed esempio di risultati (c).

Tale metodo, il cui schema di principio è riassunto in figura 10-a, consiste nel presentare all'osservatore una "cella" formata da due versioni (A e B) della stessa sequenza dove una versione può essere stata codificata con uno degli algoritmi in analisi o meno[14] (*sequenza codificata*), mentre l'altra versione non è stata soggetta ad alcun processo (*sequenza originale*); durante il test l'ordine *sequenza originale - sequenza codificata* nell'ambito delle celle viene variato in modo pseudocasuale. Al fine di consentire all'osservatore di consolidare la propria opinione le immagini vengono nuovamente proposte all'osservatore, quindi le immagini A* e B* sono ripetizioni identiche delle immagini A e B. L'osservatore viene istruito circa il fatto che le sequenze si ripetono nell'ordine A-B-A*-B*, ma non viene informato su quale delle due versioni della sequenza in esame sia stata eventualmente sottoposta al processo di codifica ed il test viene definito "blind".

Compito dell'osservatore è quello di valutare la qualità delle immagini A e B, posizionando un cursore su di una apposita scala graduata su cui sono riportati aggettivi di riferimento opportuni (figura 10-b) Gli aggettivi forniscono un riferimento all'osservatore, ma la scala di giudizio è suddivisa su 100 livelli significativi, e quindi si può di fatto ritenere continua.

Questo metodo è tra i più diffusi ed accettati e, consentendo all'osservatore di analizzare due volte l'immagine originale e processata, permette di valutare degradi introdotti dai sistemi di codifica appena oltre la soglia di visibilità.

I valori vengono elaborati al fine di misurare non i valori assoluti di qualità espressi dall'osservatore per le singole sequenze, ma la differenza tra i due valori, che indica ovviamente il degrado introdotto dal processo. In questo modo, se le sequenze sono giudicate identiche dall'osservatore, si ottiene un valore nullo indipendentemente dai valori assoluti attribuiti alle sequenze, riducendo l'influenza che la qualità originale dell'immagine può avere sull'osservatore.

I risultati vengono presentati sotto forma di istogrammi (o tabelle) che riportano i valori differenza, e tanto maggiore risulta il valore associato al processo tanto maggiore sarà il degrado; la figura 10-c riporta un esempio di risultati DSCQS, dove il processo "A" introduce un degrado inferiore rispetto al processo "B", che a sua volta incide meno del processo "C" sulla qualità dell'immagine.

4.3.2.1 L'analisi dei risultati delle prove soggettive

Lo scopo finale delle prove soggettive non è quello di ottenere dei valori assoluti di qualità o di definire delle soglie di accettabilità; le prove soggettive forniscono piuttosto un utile ausilio al fine di confrontare tra loro le prestazioni degli algoritmi di codifica, utilizzando una metodologia che riduca al minimo l'influenza dei fattori ambientali e dei fattori psicologici (ordine di presentazione, effetto contesto, etc.) che influiscono sul giudizio degli osservatori.

L'analisi dei risultati delle prove soggettive deve essere sempre svolta alla luce del fatto che esse sono svolte da osservatori non esperti ognuno dei quali giudica l'entità del degradamento secondo una scala personale; da qui l'alto valore di deviazione standard dei risultati.

Inoltre, la scala di valutazione risulta nonlineare, e non è in alcun modo possibile concludere, per esempio, che un degrado del 20% sia il "doppio" rispetto ad uno del 10%.

È stata definita una "soglia di trasparenza" pari al valore 12.5%, al di sotto della quale si considera convenzionalmente che i difetti introdotti dalla codifica non siano significativi, ma che non deve essere interpretata nel senso che fino a tale valore il difetto non sia visivamente percettibile. In realtà il valore di tale soglia deriva da una conversione matematica[15] di mezzo punto di una scala a 5 livelli su di una scala continua da 0 a 100.

4.3.2.2 Le condizioni di visione

Uno dei parametri fondamentali di una prova soggettiva è la distanza tra l'osservatore e il centro del monitor, che viene tipicamente misurata in multipli dell'altezza H dello schermo. Le prove sono state eseguite utilizzando le due distanze di visione classiche 4H e 6H, rispettivamente considerate distanza di visione critica e normale. Nell'ambito delle prove sono stati impiegati monitori professionali SONY BVM-2010P da 20".

Le prove soggettive formali sono state eseguite presso i laboratori del Centro Ricerche RAI dove è allestita una sala visione conforme a quanto previsto dalla normativa (Bibl. 16) per quanto concerne i parametri di illuminazione.

4.3.2.3 Le sequenze di test

La selezione delle sequenze risulta sempre un passo critico nel progetto di una prova soggettiva, in quanto criteri di scelta non corretti possono incidere pesantemente sui risultati finali. È evidente che determinate sequenze possono essere critiche per determinati algoritmi di compressione, ma non per altri e quindi solo una scelta "onesta" delle sequenze può fornire risultati utili ad investigare le prestazioni degli algoritmi di compressione in esame. Le principali caratteristiche delle sequenze utilizzate sono riassunte in tabella 7; il criterio di selezione è stato quello di coprire tutto il *range* di criticità dell'immagine che è ragionevole trovare nei programmi televisivi di tipo giornalistico e sportivo.

4.3.3 Gli scenari sotto test

Il *test bed* complessivo è riportato in figura 11. Al fine di simulare le fasi di produzione sono stati applicati shift di tipo temporale[16] di un frame e di tipo spaziale[17] pari a due pixel ed una linea. Negli scenari

Tabella 7
Sequenze utilizzate nelle prove soggettive formali DSCQS.

Nome		Sorgente	Caratteristiche
MOB	Mobile and calendar	4:2:2	Critica per il contenuto di elevate frequenze spaziali e per le caratteristiche cromatiche.
BAS	Basketball	4:2:2	Critica per il tipo di movimento
R&B	Renata and butterfly	4:2:2	Critica per il contenuto di elevate frequenze spaziali
CYC	Cycling	BETACAM-SP	Mediamente critica per le caratteristiche cromatiche
LIM	Limone	BETACAM-SP	Panning lento più insert grafico. Non critica
NOY	Noisy stars	4:2:2	Rumore analogico aggiunto. Panning lento non critico.

descritti si è deciso di introdurre un numero limitato di shift spaziali e temporali al fine di considerare un caso realistico di produzione giornalistica dove, sebbene sia possibile giungere alla settima generazione, non tutti i processi di copia avvengono con una elaborazione del segnale associata.
Occorre tuttavia sottolineare che nel caso di formati analogici ogni generazione introduce un certo degrado dell'immagine; nel caso particolare del BetacamSP il degrado si manifesta in termini di rumore e ritardo luminanza-crominanza. Viceversa, in un formato di tipo digitale, il degrado tra una generazione e l'altra dipende in modo significativo dal fatto che tra le generazioni avvenga o meno una variazione del contenuto informativo (shift spaziale o temporale) del singolo blocco; benché non sia possibile quantizzare tale differenza, una generazione con shift risulta introdurre un degrado maggiore rispetto ad una senza, e la differenza risulta solitamente tanto maggiore quanto minore è il bit rate a cui avviene la codifica.
Se è vero che questa caratteristica di parziale immunità al processo di copia risulta un vantaggio intrinseco del segnale digitale, è anche vero che nell'analisi dei risultati dei test soggettivi bisognerà tenere in conto che il BetacamSP è stato sollecitato al massimo per ognuna delle sette generazioni, mentre per i due algoritmi digitali questo non è avvenuto.

Fig. 11 - Processo di multigenerazione in cascata con shift spaziali e temporali dell'immagine.

I test soggettivi sono stati effettuati valutando le prestazioni di tre scenari produttivi definiti nel seguito:

"Acquisition": tale scenario prevede un singolo processo di co-decodifica (1° generazione), al fine di valutare la qualità di base dell'algoritmo; questo scenario consente, inoltre, di valutare la qualità di una catena produttiva in cui ad un'acquisizione tramite l'algoritmo in esame seguano operazioni di lavorazione del segnale svolte in un ambiente digitale senza l'utilizzo di algoritmi di compressione.

"Hard News": in questo scenario all'acquisizione seguono una fase di lavorazione del segnale (2° gen.), la successiva trasmissione allo studio di produzione (3° gen.) ed una fase finale di lavorazione in studio (4° gen). La quarta generazione può comunque essere considerata il caso tipico di un contributo in onda su di un telegiornale nazionale.

"Magazine": in questo scenario si assume che il segnale subisca un'ulteriore lavorazione fino a giungere alla settima generazione con un ulteriore shift di tipo spaziale. La settima generazione risulta un test piuttosto severo, ma tale evenienza non è infrequente nel caso di contributi che vengano riutilizzati per programmi di approfondimento, dove per altro la natura del programma consente all'osservatore un'attenzione maggiore alla qualità tecnica dell'immagine.

A complemento delle prove soggettive formali DSCQS, necessariamente eseguite sull'insieme limitato di sequenze descritto in precedenza, i membri del gruppo P/DTR hanno svolto una analisi "expert viewing"[18] su un più vasto campione di sequenze. Nel seguito vengono riportati i commenti su cui il gruppo di circa 15 esperti coinvolti ha raggiunto una posizione di consenso.

4.3.4 Risultati delle prove soggettive per lo scenario "Acquisition"

I risultati delle prove soggettive nello scenario "Acquisition" sono riportati in tabella 8 e possono essere commentati[19] come segue:
- Come atteso i valori ottenuti dipendono

Tabella 8
Risultati delle prove soggettive formali DSCQS per lo scenario "Acquisition".

		Distanza di visione 4H				Distanza di visione 6H			
		Ref.	Betacam SX	DVCPRO	BetacamSP	Ref.	Betacam SX	DVCPRO	BetacamSP
MOB	Media	**1.1**	**9.9**	**11.0**	**-2.0**	**-3.0**	**6.4**	**3.0**	**-3.2**
	D.S.	10.5	7.3	13.9	9.8	19.3	11.9	13.3	14.9
BAS	Media	**-3.0**	**5.7**	**7.3**	**1.7**	**-1.8**	**-3.5**	**6.8**	**4.4**
	D.S.	7.6	9.8	5.4	10.4	6.1	10.1	11.8	9.2
R&B	Media	**-1.7**	**8.7**	**7.7**	**6.4**	**1.4**	**6.7**	**7.3**	**0.6**
	D.S.	**7.7**	10.7	10.4	11.5	3.5	8.7	12.4	10.2
CYC	Media	-4.9	**2.9**	**-0.29**	**6.5**	**4.9**	**0.2**	**2.0**	**-0.2**
	D.S.	7.2	6.8	8.69	11.2	9.7	5.9	9.6	5.0
LIM	Media	**-1.9**	**5.3**	**8.7**	**-4.7**	**1.2**	**5.7**	**2.5**	**6.3**
	D.S.	10.5	7.0	7.2	7.3	6.5	8.7	6.6	6.8
NOY	Media	**-0.2**	**4.0**	**4.4**	**8.4**	**2.0**	**-1.3**	**1.9**	**-1.6**
	D.S.	5.6	11.4	11.2	10.4	4.1	9.2	8.4	10.4
GEN	Media	**-1.7**	**6.1**	**6.5**	**2.7**	**0.8**	**2.3**	**3.9**	**-1.0**
	D.S.	8.2	8.9	10.0	10.8	9.8	9.8	10.5	10.1

Prove EBU sui nuovi formati DVCPRO e Betacam SX

dal contenuto dell'immagine originale, tuttavia anche per la sequenza più critica, "Mobile and Calendar", i valori DSCQS risultano inferiori alla soglia del 12.5%.

- Entrambi gli algoritmi di compressione forniscono un valore medio di degrado significativamente al di sotto della soglia di trasparenza.
- Entrambi gli algoritmi di compressione forniscono degradamenti giudicati dagli osservatori come maggiormente visibili di quelli introdotti dal BetacamSP, anche se, considerando i valori di deviazione standard associati, la differenza non risulta significativa da un punto di vista statistico.
- Le prove a 6H confermano i risultati ottenuti a 4H, anche se ovviamente i valori che si ottengono risultano inferiori a causa della ridotta sensibilità dell'osservatore dovuta alla distanza maggiore.

Commenti "Expert viewing"

In acquisizione, l'effetto principale della codifica DVCPRO consiste in una riduzione della risoluzione del segnale di crominanza e le prestazioni dell'algoritmo rimangono stabili sulle diverse immagini di test. Viceversa, il Betacam SX introduce degradi sulle sequenze più critiche dal punto di vista del contenuto di movimento, risultando quasi trasparente per le sequenze meno complesse. In media, la qualità dell'immagine fornita dai due algoritmi digitali risulta essere molto simile a quella fornita dal sistema analogico BetacamSP.

4.3.5 Risultati delle prove soggettive per lo scenario "Hard News"

I risultati delle prove soggettive nello scenario "Hard News" sono riportati in tabella 9 e possono essere commentati come segue:

- Entrambi gli algoritmi di compressione introducono un degrado medio, sulle sequenze di test prese in esame, inferiore al limite del 12.5% definito come soglia di trasparenza; tale comportamento risulta garantito anche dal BetacamSP.
- Nel caso di sequenze non critiche le prestazioni degli algoritmi digitali e del BetacamSP sono molto simili.
- Nel caso di sequenze critiche (**MOB** ed **R&B**) entrambi i sistemi digitali superano la soglia di trasparenza e garantiscono prestazioni inferiori a quelle del formato analogico BetacamSP.

Tabella 9
Risultati delle prove soggettive formali DSCQS per lo scenario "Hard News".

		Distanza di visione 4H				Distanza di visione 6H			
		Ref.	Betacam SX	DVCPRO	BetacamSP	Ref.	Betacam SX	DVCPRO	BetacamSP
MOB	Media	1.2	24.1	17.6	14.4	3.1	11.6	14.9	8.7
	D.S.	16.1	15.3	14.0	16.3	16.6	14.9	16.0	17.6
BAS	Media	1.0	6.8	10.4	-1.4	6.9	2.3	4.4	1.6
	D.S.	11.9	16.9	9.8	8.5	15.7	8.4	17.1	11.1
R&B	Media	1.7	22.1	13.9	12.3	-1.7	18.6	12.1	5.2
	D.S.	13.5	14.2	13.9	12.1	11.7	28.1	17.2	19.3
CYC	Media	-2.7	-2.6	6.1	5.4	5.1	7.0	-1.1	2.7
	D.S.	7.2	11.3	8.6	11.1	11.0	19.1	13.0	18.4
LIM	Media	-5.6	9.7	2.1	-3.4	6.5	4.4	10.8	3.4
	D.S.	7.3	9.6	18.5	7.9	14.8	16.1	12.6	15.9
NOY	Media	-3.6	0.2	4.6	11.5	1.2	0.0	7.2	12.2
	D.S.	9.2	17.5	11.9	15.3	11.0	13.8	14.7	15.9
GEN	Media	-1.3	10.0	9.1	6.4	3.5	7.3	8.0	5.7
	D.S.	11.1	17.0	13.6	13.5	13.6	18.4	15.7	16.6

Commenti "Expert viewing"

A valle del quarto processo di codecodifica la qualità dell'immagine risulta notevolmente diminuita. Le prestazioni degli algoritmi di codifica possono essere considerate soddisfacenti per la produzione giornalistica, ma nessuno dei due sistemi garantisce una qualità superiore a quella fornita dal BetacamSP.

4.3.6 Risultati delle prove soggettive per lo scenario "Magazine"

I risultati delle prove soggettive nello scenario "Magazine", riportati in tabella 10 e nelle figure 12 e 13, possono essere commentati come segue:

- Nelle prove a 4H il degradamento introdotto dai sistemi di compressione digitali supera la soglia di trasparenza praticamente per tutte le sequenze, con valori notevoli nel caso delle sequenze più critiche.
- Nello scenario in esame, entrambi i sistemi digitali forniscono una qualità dell'immagine significativamente migliore di quella del BetacamSP.
- In generale le prestazioni dell'algoritmo utilizzato dal Betacam SX risultano dipendere in modo significativo dal tipo di immagine su cui viene applicato, garantendo buone prestazioni nel caso di immagini non critiche e degradi significativi nel caso di immagini critiche; viceversa, l'algoritmo impiegato nel DVCPRO manifesta un comportamento meno legato alla sequenza.

Commenti "Expert viewing"

Alla settima generazione entrambi gli algoritmi digitali presentano, nel caso di sequenze di test critiche, distorsioni apprezzabili anche ad una elevata distanza di visione; in media, la qualità offerta dai sistemi digitali non può essere considerata soddisfacente per l'intero scenario delle applicazioni di tipo "broadcast".

4.3.7 Test attraverso finestre di trasmissione

È lecito domandarsi se i difetti introdotti dalla codifica in ambiente di produzione risultino visibili a valle delle "finestre" di trasmissione attualmente utilizzate. A tal fine è stata eseguita una serie di test, mirati a verificare la qualità dell'immagine otte-

Tabella 10
Risultati delle prove soggettive formali DSCQS per lo scenario "Magazine"

		Distanza di visione 4H				Distanza di visione 6H			
		Ref.	Betacam SX	DVCPRO	BetacamSP	Ref.	Betacam SX	DVCPRO	BetacamSP
MOB	Media	-1.3	48.4	41.2	51.7	-1.7	33.7	21.2	42.6
	D.S.	11.7	16.8	12.0	24.7	14.7	25.6	19.1	20.0
BAS	Media	-0.1	17.6	22.2	46.4	4.4	9.0	14.4	13.2
	D.S.	20.7	10.6	9.3	26.4	13.2	10.3	18.1	20.0
R&B	Media	1.9	42.1	25.6	56.7	2.0	28.3	14.4	34.5
	D.S.	5.3	18.1	15.0	15.7	15.0	17.3	15.0	22.4
CYC	Media	5.7	15.4	29.1	34.0	-2.5	3.0	7.0	18.9
	D.S.	13.4	22.3	19.5	16.36	9.4	11.4	21.2	23.1
LIM	Media	-1.3	23.2	28.2	58.6	-4.7	4.1	13.5	39.2
	D.S.	5.0	16.2	10.6	19.6	17.8	12.7	13.7	21.1
NOY	Media	5.0	4.7	22.5	39.5	3.2	-4.3	25.9	32.0
	D.S.	6.9	22.6	11.0	19.4	12.1	13.7	31.0	22.6
GEN	Media	1.6	25.2	28.1	47.8	0.1	12.3	16.1	30.1
	D.S.	11.6	23.1	14.2	21.6	14.0	20.9	20.8	23.5

Fig. 12 - Risultati delle prove soggettive formali per lo scenario "Magazine" (distanza di visione 4H).

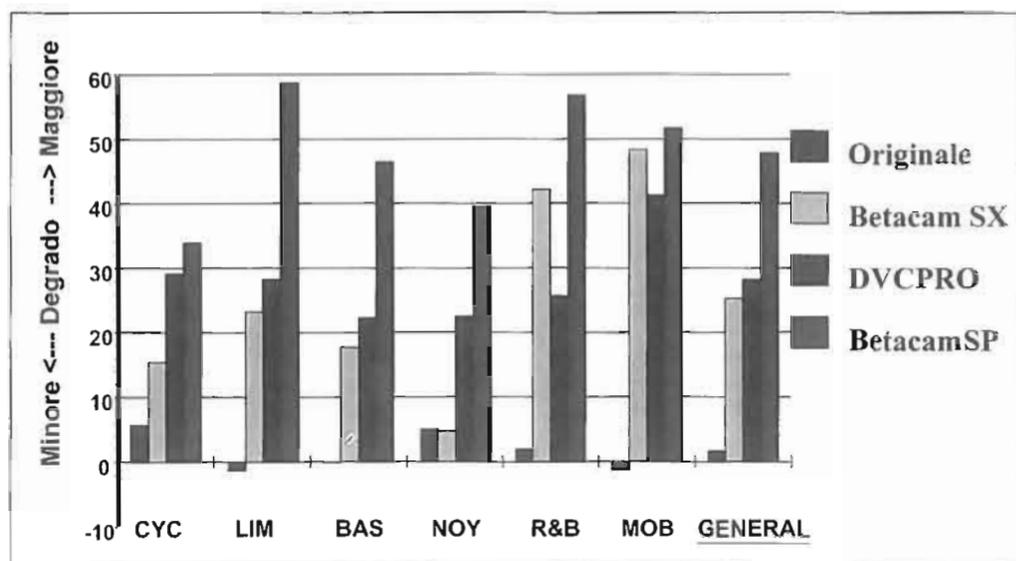
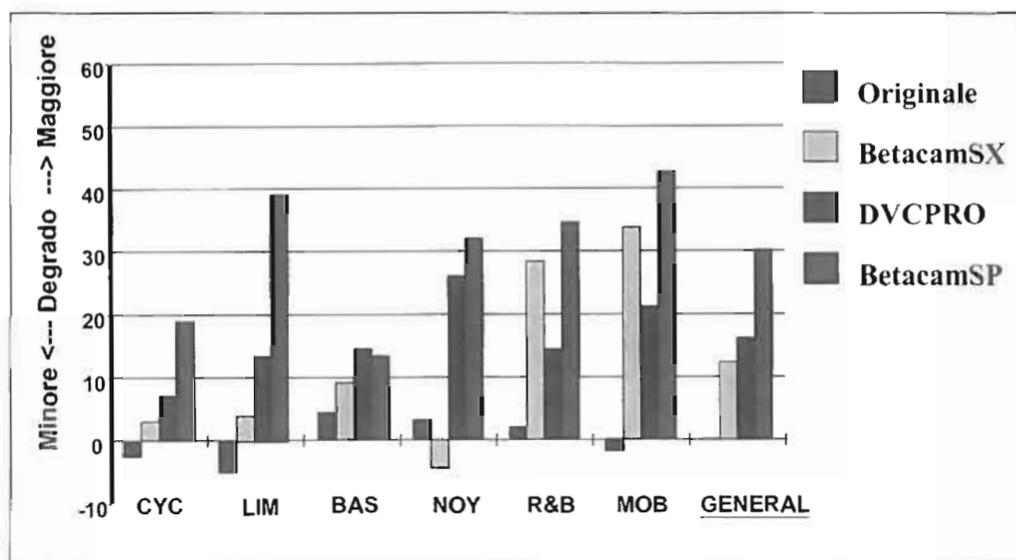



Fig. 13 - Risultati delle prove soggettive formali per lo scenario "Magazine" (distanza di visione 6H).

nibile al termine di una catena di trasmissione costituita da un ambiente di produzione basato sugli algoritmi di compressione in esame ed una distribuzione del segnale all'utente con segnale PAL, come avviene nella situazione attuale, o su codifica MPEG-2, come avverrà in futuro. In considerazione dei risultati ottenuti nei test descritti in precedenza e considerando che la qualità in trasmissione, sia PAL che MPEG-2, risulta necessariamente inferiore rispetto a quella in produzione, si è scelto di verificare esclusivamente le prestazioni degli algoritmi per lo scenario "Magazine" descritto in precedenza.

4.3.7.1 Scenario attuale

Le sequenze ottenute nello scenario *"Magazine"* per i due apparati digitali sotto test e per il BetacamSP sono state co-decodificate in PAL, utilizzando il codificatore PAL del videoregistratore digitale D-5 ed un decodificatore PAL *"notch"*.

4.3.7.2 Scenario futuro

Le sequenze ottenute nello scenario *"Magazine"* per i due apparati digitali sotto test e per il BetacamSP sono state co-decodificate secondo lo standard MPEG-2 MP@ML con bit rate pari a 6Mbit/s e GoP con N=12 ed M=3. La codifica è stata effettuata tramite un codificatore professionale.

4.3.7.3 Commenti "Expert viewing"

Nell'analisi in *"expert viewing"* le prestazioni del BetacamSP sono state considerate come riferimento e, tra gli esperti che hanno partecipato alla prova, si è raggiunto consenso circa le seguenti conclusioni:

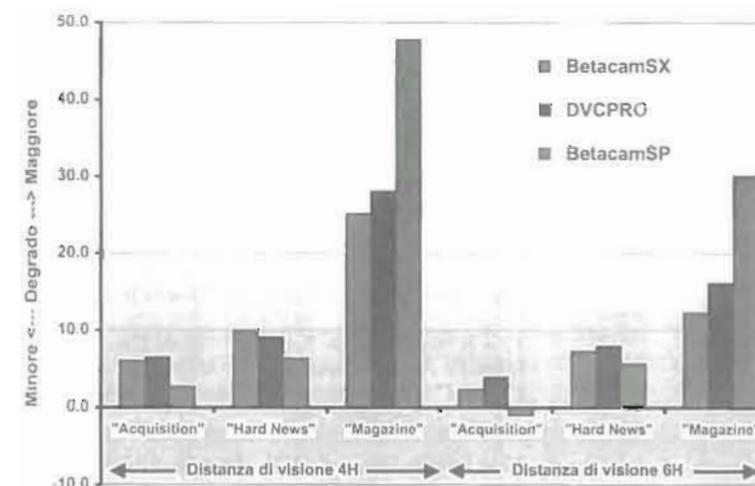
- i difetti dovuti alla codifica digitale rimangono visibili anche dopo la finestra di trasmissione finale, sia che questa comporti una codifica PAL sia una codifica MPEG-2.
- In media, entrambi gli apparati in esame forniscono una qualità al termine della catena migliore di quella garantita dal BetacamSP.

5. Conclusioni

Alla luce di tutti i test svolti, è possibile trarre le seguenti conclusioni:

- Entrambi gli apparati, pur risultando tra loro diversi sotto l'aspetto della meccanica, sembrano garantire la robustezza necessaria per un loro impiego nell'ambito delle riprese esterne. Questo risultato è ottenuto sia grazie alle possibilità offerte dall'uso del segnale digitale in termini di uso di codici FEC, sia tramite l'uso di una meccanica sofisticata.
- Dal punto di vista della qualità dell'immagine entrambi gli algoritmi, nel caso di una lavorazione limitata del segnale, garantiscono prestazioni simili a quelle fornite dal sistema analogico BetacamSP.
- Per scenari produttivi complessi gli algoritmi digitali offrono prestazioni superiori a quelle del formato analogico che attualmente rappresenta lo standard di produzione per i programmi di news nello scenario italiano. Il comportamento degli algoritmi in funzione della generazione è riportato in figura 14.
- Occorre tuttavia sottolineare che gli scenari presi in considerazione, in termini di tipo di lavorazione, sono relativi alla produzione di servizi di tipo giornalistico. Considerando che per altre tipologie di programmi, per esempio la fiction, sarebbe necessario considerare una lavorazione molto più complessa, si può concludere che gli apparati digitali in questione non garantiscono una qualità dell'immagine tale da giustificarne l'uso nell'intero scenario delle applicazioni di tipo "broadcast".

È infine importante sottolineare come l'obiettivo della campagna di test fosse principalmente quello di analizzare gli apparati intesi come singole unità. Rimangono da analizzare gli aspetti legati ad alcune funzionalità degli apparati non ancora completamente definite, quali, per esempio, le prestazioni delle interfacce che consentiranno il trasferimento in tempo non reale dei dati da nastro a disco, e che saranno oggetto di una futura campagna di test da concordarsi tra l'EBU ed i costruttori.

Fig. 14 - Valore medio dei risultati delle prove soggettive formali per i diversi scenari.

Ringraziamenti

L'autore desidera ringraziare il collega Massimo Gunetti per l'aiuto fornito nello svolgimento delle prove soggettive ed il collega Giancarlo De Biase per la consueta professionalità con cui ha svolto l'opera di generazione del materiale utilizzato nei test.

Bibliografia

1 – H. Uchida, H. Isaka, T. Yoshida and J. Safar - *"DVCPRO: A comprehensive format Overview"* SMPTE Journal volume 105 numero 7 Luglio 1996

2 – ITU-R Recommendation BT.601 - *"Encoding parameters of digital television for studios"*.

3 ITU-R Recommendation BT.656 - *"Interfaces for digital component video signals in 525 line and 625-line television signals operating at the 4:2:2 level of CCIR Recommendation 601"*.

4 – Audio Engineering Society, *"AES recommended practice for digital audio engineering - serial transmission format for linearly represented digital audio data"*. J. Audio Eng. Soc. 33, 975 - 984 (1985)

5 - IEC 1834-2 Helical-scan digital video cassette recording system using 6.35 mm magnetic tape

6 – J. Watkinson "The digital video tape recorder" Focal Press 1994

7 S. Benedetto, Biglieri e V. Castellani "Digital Transmission Theory" Prentice Hall, 1987

8 – Task Force for Harmonized Standards for the Exchange of Program Material as Bitstreams *"Final Report: Analyses and Results"* July 1998

9 – Information Technology Generic Coding of Moving Pictures and associated audio: Video ISO/IEC 13818-2 Amendment 2 International Standard - ISO/IEC JTC1/SC29/WG11N1159, January 1996

10 – ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N1134 *"MPEG-2 4:2:2 Profile at Main Level Subjective Assessment Report"* - January 1996

11 A. Avis, I Sato "Betacam SX - A Revolution for News Gathering" International Broadcasting Convention 1996 Conference Publication N. 428 IEE , 1996

12 – R.Wood and D. Petersen *"Viterbi Detection of Class IV Partial Response on a Magnetic Recording Channel"* IEEE Transactions on Communications Vol. 34 N. 5 Maggio 1986

13 – Project Group P/DTR *"Tests on* PANASONIC *Betacam SX - EBU Report"*

14 - Project Group P/DTR *"Tests on SONY Betacam SX - EBU Report"*

15 – EBU Statement D31-1981 *"Measurements of the influence on environmental hazards on portable ENG equipment"*

16 – ITU-R Recommendation BT.500 - *"Method for the Subjective Assessment of the Quality of Television Pictures"*

Note

(1) Institut für Rundfunktechnik di Monaco di Baviera-Germania.

(2) L'algoritmo di compressione DV fu approvato nel 1993, in occasione dalla HD Digital VCR Conference, da praticamente tutte le maggiori case costruttrici di apparecchiature consumer con il fine di definire un unico standard in grado di sostituire il formato VHS. Nello standard vengono definiti sia il processo di compressione che quello di decompressione.

(3) Occorre sottolineare che i filtri normalmente utilizzati per effettuare i sottocampionamenti di tipo orizzontale, come nel caso in questione, possono essere costruiti con risposta in frequenza piatta in banda passante, e quindi consentono il passaggio da e verso il formato 4:2:2 senza ulteriore degradamento del segnale al di là di quello dovuto al sottocampionamento stesso.

(4) Si definisce blocco una porzione di immagine formata da 8 x 8 pixel di luminanza. L'unione di quattro blocchi forma un macroblocco.

(5) Si ricorda che in un formato di videoregistrazione digitale ad ogni minima lunghezza d'onda (λmin) sul nastro corrispondono 2 bit e che il rapporto segnale rumore sul nastro risulta proporzionale al quadrato di λmin; ne consegue che dover registrare meno bit consente, a parità di consumo di nastro, di ottenere un rapporto segnale rumore maggiore.

(6) Ricordando che, dal punto di vista fisico, il sistema *testina di scrittura - nastro - testina di lettura* può essere modellizzato tramite un filtro passabanda le cui caratteristiche dipendono dai parametri fisici delle testine e dalla velocità relativa nastro testina, lo scopo della codifica di canale è quello di sagomare di conseguenza lo spettro del segnale che deve essere registrato. Nell'ambito della videoregistrazione analogica questo compito viene svolto dalla modulazione di frequenza.

(7) Il "concealment" consiste nel cercare di mascherare gli errori eventualmente presenti a valle dei codici FEC tramite opportune tecniche di interpolazione.

(8) La filosofia dello standard MPEG-2 e quella di definire le regole sintattiche cui il *bit-stream* deve soddisfare in modo da poter essere interpretato da un qualunque decoder, ma di lasciare al costruttore la possibilità di ottimizzare il processo di compressione agendo sui quei parametri del codificatore, quali per esempio la gestione del buffer o la matrice dei pesi dei coefficienti DCT, che hanno una influenza diretta sulla qualità del processo di codifica, ma che non incidono sulla sintassi del bit stream stesso; in altri termini, dati due codificatori MPEG-2 che utilizzano gli stessi parametri di codifica (per es. bit rate e GoP), il degradamento introdotto sull'immagine dai due codificatori può essere significativamente diverso.

(9) Ricordiamo brevemente che, secondo lo standard MPEG-2, i frame possono essere codificati in modo "Intra ", "Predicted" o" Bi-directional" e vengono di conseguenza denominati "I","P" e "B".

Un frame di tipo "I" viene codificato utilizzando esclusivamente i dati video relativi al frame stesso, e può essere decodificato in maniera del tutto indipendente.

Un frame di tipo "P" viene codificato utilizzando sia i dati video relativi al frame stesso che quelli relativi ad un precedente frame di tipo "I", e quindi può essere codificato solo se il frame di tipo "I" da cui dipende è già stato decodificato.

Un frame di tipo "B" viene codificato utilizzando sia i dati video relativi al frame stesso che i dati relativi a due frame di tipo "I" o "P", e può essere decodificato solo se i due frame da cui dipende sono già stati decodificati.

(10) Il gruppo EBU P/DTR (Digital Television Recordering) si occupa, in seno all'EBU, di valutare i nuovi apparati di videoregistrazione digitale. Fanno parte del gruppo ricercatori dei principali broadcaster europei quali RAI, BBC, etc.

(11) Si ricorda che in base alla legge di Wallace, una distanza della testina dal nastro pari al valore D, induce una attenuazione sul segnale letto dalla testina stessa pari a 55 (D/λ) dB, dove λ è la lunghezza d'onda registrata sul nastro. Ne consegue che una distanza D anche molto piccola comporta una perdita elevata, e che quindi la bontà del contatto nastro testina risulta un fattore di estrema importanza nell'implementazione del formato di videoregistrazione.

(12) La *traffic light* indica il funzionamento e tipicamente assume tre colori possibili. Il colore verde indica un corretto funzionamento in termini di tasso di errore, il colore giallo indica una condizione di funzionamento non ottimale mentre il colore rosso indica la presenza di malfunzionamenti. Occorre notare che le soglie di tasso di errore che definiscono la commutazione da un colore all'altro sono decise dal costruttore.

(13) Tramite opportune tecniche di sviluppo è possibile evidenziare sul nastro le singole tracce. È quindi possibile misurarne le dimensioni tramite un microscopio ottico.

(14) Per valutare la stabilità del test sono presenti celle che contengono solo sequenze originali. Se gli osservatori svolgono con attenzione il compito assegnato, devono ovviamente assegnare ad entrambi le versioni della sequenza lo stesso valore, per cui la differenza, indipendentemente dal valore assoluto, dovrebbe essere nulla. In realtà, le prove soggettive vengono considerate stabili se il valore medio su tutti gli osservatori risulta inferiore al valore 6-7.

(15) In particolare, si consideri un test dove il compito degli osservatori consista nel valutare la visibilità dei difetti tramite una scala a 5 livelli definiti come segue: 5) Non percettibile, 4) Percettibile ma non disturbante, 3) Leggermente disturbante 2) Disturbante 1) Molto disturbante. Se metà degli osservatori vota 5 e metà vota 4, il valore medio risulta 4.5 e si può ritenere che il difetto non infici la qualità complessiva dell'immagine. Poiché in questo tipo di prova la qualità piena corrisponde al valore 5, si ottiene un degrado di 0.5 punti che, trasferito su di una scala graduata da 0 a 100 corrisponde appunto al valore 12.5%. I limiti di tale conversione di tipo matematico sono del tutto evidenti, in quanto i compiti degli osservatori nei due tipi di test risultano diversi.

(16) Supponendo di numerare a partire dal valore 0 i frame del nastro contenente le sequenze di test da codificare, applicare uno shift di tipo temporale di un frame consiste nel garantire che se in una generazione il processo di codifica avviene partendo dal frame 0, nella generazione successiva il processo inizia dal frame 1, eliminando di fatto il frame 0. Ovviamente, ponendo prima delle sequenze di test una porzione sufficientemente lunga di un qualunque segnale, per es. barre di colore, è possibile eseguire le multigenerazioni con shift senza incidere sulla lunghezza delle sequenze di test, ma scartando via via un frame delle barre.

(17) Lo shift di tipo spaziale consiste nel traslare sull'asse verticale (linee) o su quello orizzontale (pixel) la porzione attiva dell'immagine come definita dalla Rac. ITU-R BT 601, aggiungendo ove necessario pixel di valore nullo. Gli shift sono stati eseguiti tramite la funzionalità Sync Phase presente sul videoregistratore digitale SONY DVR 2100 (D-1). Gli shift vengono normalmente utilizzati nei test che coinvolgono algoritmi DCT based per simulare il caso peggiore di un qualunque processo, quali per esempio operazioni di zoom, correzione di livelli, inserimento di sottotitoli etc., che modifichino il contenuto informativo di ciascun blocco DCT tra una generazione e la successiva.

(18) Con il termine gergale "expert viewing" si intende una analisi eseguita da persone "esperte" tramite tutte le possibili azioni utili ad indagare l'influenza del processo di codifica sull'immagine. Le sequenze vengono ripetutamente visionate a distanze di visione limitate, confrontando sullo stesso monitore in condizioni di *split screen* le immagini originali e quelle codificate in modo da apprezzare degradi anche minimi introdotti dai processi di codifica. È evidente che tali procedure consentono di valutare una grande quantità di materiale e di giungere a conclusioni motivate, tuttavia occorre sottolineare che le prove expert sono comunque da considerarsi complementari alle prove soggettive formali e non sono in grado di sostituirle in modo completo.

(19) I commenti riportati nel seguito sono stati discussi e concordati dai membri del gruppo di lavoro che ha condotto i test.

Prove EBU sui nuovi formati DVCPRO e Betacam SX

Giro d'Italia
Organizzazione delle riprese

Paolo D'Amato*, Dario Tabone, Gian Carlo Tomassetti*****

*Ing. Paolo D'Amato Consulente RAI.
**P.I. Dario Tabone del Centro Ricerche RAI - Torino.
***Dott. Gian Carlo Tomassetti, Regista Produzione RAI.

Dattiloscritto pervenuto alla Redazione il 25 giugno 1999.

Le riprese televisive di una corsa ciclistica richiedono attrezzature complesse e sono il risultato di un difficile lavoro di squadra. Nell'articolo si fa la storia delle riprese effettuate dalla RAI in occasione dei vari giri d'Italia, e ci si sofferma in particolare sul giro 1998, anno in cui le riprese sono state nuovamente affidate alla RAI, dopo una parentesi di cinque anni, durante i quali erano state affidate alla concorrenza. L'articolo espone il punto di vista del regista e quello del tecnico progettista degli apparati utilizzati

1. Introduzione

Questo articolo, che descrive le tecniche di ripresa televisiva di una corsa ciclistica, è un collage di contributi di un regista (Giancarlo Tomassetti) e di un tecnico progettista (Dario Tabone). Il terzo autore (Paolo D'Amato) ha cercato di armonizzare i due tipi di contributi, ma ha ritenuto di lasciare almeno in parte inalterato lo stile di entrambi: quello più fantasioso del regista e quello più serioso del tecnico. Il lettore non ce ne vorrà se si troverà di fronte ad un articolo un po' insolito, poco omogeneo e non in linea con il carattere prettamente tecnico di questa rivista. Auspichiamo che una certa apertura verso altri linguaggi, tipici degli artisti, o dei "creativi" per usare la terminologia ora di moda, sia vista come un arricchimento della rivista, piuttosto che come una abdicazione dagli schemi consueti e dal rigore scientifico.

2. Il punto di vista del regista

2.1 Le origini

Il ciclismo fin dalle origini è stato uno sport molto popolare, cui si assisteva appostandosi ai bordi delle strade o al traguardo. Oggi il ciclismo di cui si scrive e di cui la gente parla è quello visto in televisione; il suo fascino deriva anche dal fatto che nelle riprese televisive vengono utilizzate tecnologie fra le più moderne e sofisticate.

La percezione diretta e personale della corsa è un ricordo di chi era bambino nel dopoguerra, rinnovato oggi dalle folle plaudenti dei tapponi alpini: una lunga attesa sul ciglio della strada, una festosa carovana pubblicitaria, la staffetta della polizia, l'auto del direttore di corsa e poi tanti girini tutti insieme, una folata di vento seguita dalla fila di ammiraglie. E tutto era finito!

Ma la gara ciclistica, è del tutto evidente, non può essere vissuta per esperienza diretta, se non per qualche frammento. Fu l'avvento dei cinegiornali prima e della televisione poi a dare un senso a qualche fase della corsa. Chiaradia, il primo operatore RAI che seguì il giro d'Italia a bordo di un'auto scoperta (una mitica spider azzurra), selezionava frammenti di gara che, pazientemente montati, avrebbero ricostruito la sintesi di un fatto già avvenuto. Quando arrivò la diretta televisiva, essa si limitava alla ripresa del vialone di arrivo per documentare, dopo una lunga attesa, l'esito finale di una corsa non vista.
Di che cosa si parla allora fino a quando non si alza il primo elicottero da ripresa? Del sentito dire, del riferito, del raccontato dai testimoni: ma lo spettacolo della corsa ciclistica, così come lo concepiamo ora, non era ancora nato.

1998 ITALY TOUR - TV SHOOTING ORGANIZATION. The TV shooting of a bike race requires complex technical equipment a difficult obtained by a team works. After summing up the past history of the old Italy Bike Tours, the article describes in particular the new arrangements put forward for the 1998 Italy Tour: this is the year in which the TV shooting of the tour returned to RAI, after a five year interruption, during which the task was given to our competitors. The article reports the standpoint of the producer and that of the designer of the technical equipment.

2.2 Le riprese in movimento negli anni '80

Sono stato testimone (e corresponsabile) del ciclismo televisivo degli anni 80, un decennio appassionante durante il quale è avvenuta l'evoluzione dei sistemi di ripresa in movimento. Sull'elicottero della RAI, una libellula leggera che dal suo abitacolo trasparente consentiva una visione a 180 gradi, gli operatori lavoravano ancorati al seggiolino e con la telecamera sulla spalla. Qualcuno s'era fatto legare sotto la pancia dell'elicottero, ma l'esperimento venne presto vietato.

Nel 1982 l'aeromobile ospitò il sistema "elivision": si trattava di una sorta di forcella sulla quale era appoggiata e bilanciata la telecamera. La mancanza della portiera favoriva l'installazione dell'apparecchiatura; ma qualche operatore andò in crisi, non avendo più il suo strumento di lavoro appoggiato sulla spalla.

L'unico elicottero in volo ospitava la telecamera per la ripresa e le apparecchiature di ricezione per i segnali delle due moto che seguivano la corsa e la loro trasmissione al punto intermedio di terra (foto 1). La copertura da elicottero e moto era il risultato di un difficile compromesso: l'elicottero doveva stare in quota per essere in vista dal punto di ricezione a terra e offrire alle moto un cono di copertura che consentisse loro di distanziarsi l'una dall'altra. Ma, salendo, impediva una buona ripresa alla telecamera che aveva a bordo. Le difficoltà legate all'orografia ed alla situazione meteorologica facevano il resto.
Mediamente si riusciva a coprire 30 Km di corsa e le moto non potevano distanziarsi molto tra loro. In caso di distacchi consistenti, era l'elicottero a fare da "elastico" coprendo alternativamente la moto sul fuggitivo e quella sugli inseguitori, lasciando al buio ora l'una ora l'altra. La rigidità del sistema era evidente.

Foto 1 - Elicottero ponte con Elivision.

Con il Giro d'Italia del 1984, potemmo finalmente disporre di mezzi più adeguati: un primo elicottero ospitava la telecamera, mentre un secondo elicottero fungeva da ponte per i tre segnali provenienti dalle due moto e dall'elicottero di ripresa. L'elicottero ponte poteva fare quota mantenendo sotto il suo ombrello le tre telecamere, che potevano muoversi liberamente sotto un cono più ampio. Come risultato avemmo le migliori (e dal mio punto di vista ancora insuperate) riprese aeree. La leggerezza del mezzo, la sua manovrabilità, la capacità dei piloti, la bravura dei nostri tecnici e dei nostri operatori ci dettero, da quel momento e fino a quando non cambiarono le regole del volo, le migliori riprese in Europa.

Gli investimenti per mantenere il nostro primato non si arrestarono: per i campionati del mondo di ciclismo del 1985, nel Veneto, potemmo contare su due elicotteri ponte. Con il primo gestivamo i tre segnali provenienti dall'elicottero di ripresa e dalle moto; il secondo poteva coprire una terza

moto da ripresa, libera di muoversi dove fosse opportuno. Per la prima volta mettemmo in corsa un telecronista a bordo di una quarta moto.

Derivata da tecnologie militari, alla fine del decennio comparve la Wescam, una palla ancorata a lato dell'aeromobile, che ospitava e manteneva stabile la telecamera (foto 2). Il vantaggio di riprese stabili e di zoom più spinti fu evidente, in una situazione in cui però si erano prodotti dei fatti svantaggiosi per le riprese aeree: cambiarono infatti, per motivi di sicurezza, gli elicotteri, cambiò il sistema di lavoro dei piloti, costretti a tenere quote più alte, e degli operatori che, chiusi nell'abitacolo, manovravano la telecamera tramite dei joy-stick e non avevano più la possibilità di guardare a terra per vedere cosa succedeva fuori del campo di ripresa. A ciò si aggiunsero le difficoltà di disponibilità delle frequenze, dovute all'occupazione selvaggia dell'etere.

La nostra libellula aveva terminato il suo volo sulle strade del giro e tornava da dove era venuta: dal servizio civile soprattutto in montagna e dal lavoro di irrorazione dei campi. Presero il suo posto dei potenti biturbina carenati e dotati dei sistemi per il volo strumentale, gli unici autorizzati a sorvolare i centri abitati. Con queste apparecchiature, ulteriormente arricchite, la RAI affrontò l'ultimo grande avvenimento di ciclismo internazionale: i mondiali di Sicilia del 1994. Per garantire la copertura aerea integrale della corsa, il primo elicottero ponte raccoglieva i segnali della Wescam e delle due moto da ripresa; il secondo elicottero ponte, che copriva la terza moto da ripresa, fu anch'esso dotato di Wescam, garantendo così la ripresa aerea anche durante il rifornimento del primo elicottero. Il sistema era completato da due moto cronaca in corsa.

Foto 2 - Elicottero da ripresa con Wescam.

Questa avventura tecnologica ed umana, alla quale hanno dato un contributo di intelligenza e di passione alcuni dei migliori tecnici della RAI, oggi quasi tutti in pensione, aveva dato i suoi frutti migliori a metà degli anni '80, quando fummo vincenti nell'uso delle tecnologie e nella capacità di saper raccontare il ciclismo con le immagini. Tecnologia ed artigianato di ripresa: un binomio tutto italiano. Poi nel 1993 il giro d'Italia passò alla Fininvest, che utilizzò mezzi e personale di ripresa francesi e dedicò alle riprese maggiore spazio nel palinsesto. Infine nel 1998 il Giro d'Italia è tornato alla RAI ed il confronto ci ha costretto a rinnovarci drasticamente.

2.3 Semiologia elementare

C'è una differenza evidente, per il telespettatore, tra una telecamera su cavalletto ed una telecamera mobile. La prima ti fa vedere come Schumacher affronta la curva; con la mobile sali sulla Ferrari. Le camere fisse sono finestre aperte sulla realtà. Le camere mobili portano lo spettatore dentro l'avvenimento sportivo.

Quale sia la differenza tra talecamera fissa e telecamera mobile per l'operatore o il regista, per coloro cioè che costruiscono il linguaggio di ripresa ed il racconto, è un po' più complicato a dirsi. Ne abbiamo liberamente parlato durante uno stage, a gennaio 1998, tra operatori, registi ed esperti di ciclismo. Abbiamo esaminato le differenze tra inquadrature da camera su cavalletto e piani-sequenza da camere mobili, le possibilità di stacco tra i diversi segnali mobili, la possibilità di visualizzare il distacco tra fuggitivi e gruppo inseguitore. Abbiamo approfondito la diversa qualità delle immagini che produce una disciplina immersa nel paesaggio (con i suoi contenuti urbanistici, architettonici e naturali) e influenzata dalle condizioni meteo. Abbiamo visto come le immagini da elicottero leghino la corsa al territorio, mentre quelle da moto descrivano meglio le caratteristiche tecniche del percorso e le performance degli atleti.

In gara, dato lo schieramento dei mezzi, le regole elementari di ripresa prescrivono che la moto 1 preceda il gruppo in attesa della scatto, la moto 2 sia sui primi per capirne le intenzioni, la moto 3 sia in coda a documentare ritardi, cadute, o a far la spola con le ammiraglie. Nel caso di fuggitivi ed inseguitori, la moto 1 è sui primi e la 2 sui secondi. L'elicottero raccorda le componenti della corsa, chiarendo posizione dei gruppi e distanze.

All'approssimarsi del traguardo, le moto abbandonano i ritardatari e accorciano la copertura; l'elicottero inquadra con particolare attenzione i primi 10 o 15 atleti che preparano lo sprint accodandosi gli uni agli altri nella tipica formazione dei trenini. Ma come si coniugano tra di loro le immagini?

Le riprese in movimento sono "naturalmente" belle e semplici da gestire: esse sono legate a poche regole da rispettare attentamente, se si vuole conseguire chiarezza giornalistica ed eleganza di scrittura. L'evidente essenzialità delle immagini di una partita di calcio (il giocatore, il contrasto, il movimento della squadra, perennemente collocati su un tappeto verde), le caratteristiche stesse del calcio come disciplina sportiva, inducono ad un montaggio serrato, a rapidi stacchi tra totali e primissimi piani, a replay immediati. La ricchezza, invece, di uno scalatore solitario che s'inerpica verso la cima, facendosi largo tra due ali di folla e avendo intorno a se le Dolomiti, questa ricchezza di un paesaggio in continuo variare, consente di tenere il piano-sequenza molto a lungo, anche per un minuto. Consente anche di alternarlo con quello dell'elicottero che pennella i tornanti descrivendo l'inseguimento del gruppo che si va sgranando giù a valle, per un altro minuto o anche di più.

Il calcio è jazz, il ciclismo sinfonia: di musica sempre si tratta, ma va suonata molto diversamente.

2.4 Le riprese al traguardo

Uno solo vince nel ciclismo, uno solo è ricordato. Sul filo del traguardo tutti gli altri contano solo per le classifiche.

La telecamera che in lungofocale inquadra il gruppo ondeggiante, il totale finale, è per tradizione e per necessità quella fondamentale nella ripresa del ciclismo. Non sorprenda, però, che la sua funzione sia quella di suggerire, piuttosto che di chiarire. Il regista prolunga volutamente l'incertezza sull'esito dello sprint finale. Se volesse svelarne lo svolgimento, gli basterebbe staccare sull'elicottero: dall'alto tutto sarebbe chiarissimo, ma le emozioni non sarebbero così intense.

Otto telecamere all'arrivo ruotano intorno alla principale: la 1 e la 2 riprendono le ultime curve con inquadrature basse ad effetto, la 3 è in campo stretto sulla contesa dello sprint, la 4 in primissimo piano

sull'ultimo sforzo, la 5 raddoppia l'inquadratura sul perdente, la 6 è sotto le tribune, appoggiata a terra, a fotografare dal basso in alto il vincitore a braccia alzate, la 7 e la 8, due radiocamere, raccolgono vincitore e sconfitto dopo il traguardo.

Un uso saggio dei replay ricostruisce l'ultimo chilometro, spiega lo sprint e regala le emozioni dello sforzo, della vittoria o della sconfitta.

2.5 Le microcamere

Cipollini vince a Lecce e, con lui, taglia il traguardo una microcamera montata sulla bicicletta! E' accaduto nel 1998 per la prima volta al mondo in una corsa su strada.

Dal mio particolare punto di vista – quello della regia – io ritengo che la rivoluzione delle riprese televisive di questi anni stia passando sul doppio binario della miniaturizzazione delle telecamere e dell'invenzione di nuovi supporti. Sul fascio della moto 3 (collegamento ricezione-regia) si sono alternate due microcamere sulle bici o su di un'ammiraglia; all'arrivo, una microcamera montata su di uno speciale supporto ha dato l'emozione dei ciclisti visti da "sotto" l'asfalto.

Il senso complessivo di queste ricerche è nel superamento delle frontiere fisiche e nell'acquisizione di spazi nuovi per il giornalismo televisivo. Sempre più la corsa potrà essere vista da "dentro" al gruppo, o in soggettiva dell'atleta, o in colloquio con i direttori sportivi che seguono la corsa dalle ammiraglie, regalando emozioni ed intuendo strategie. Un progressivo trasferimento di microfoni e telecamere ai protagonisti diretti dell'evento sportivo.

3. La tecnologia

La fig. 1 riporta lo schema tipico dei collegamenti per le riprese in movimento. Le telecamere montate sulle moto e sull'elicottero di ripresa inviano i segnali all'elicottero ponte, il quale a sua volta li trasmette ad una stazione ricevente di terra. Mediante una o più tratte di ponti mobili, i segnali vengono inviati al traguardo, ove ha sede la regia finale, cioè la postazione dotata di mixer che confeziona il segnale di programma. Quest'ultimo segnale viene inviato direttamente al controllo centrale di Saxa Rubra per mezzo di un collegamento via satellite e da qui immesso nella rete di diffusione.
I collegamenti critici da gestire sono ovviamente quelli che coinvolgono veicoli in movimento, e cioè il collegamento fra punti di ripresa (moto, bici, elicottero) ed elicottero ponte e quello fra elicottero ponte e stazione di ricezione a terra. Nel seguito si esamineranno più in dettaglio le problematiche relative a tali collegamenti.

Fig. 1 - Schema a blocchi collegamenti per le riprese di una corsa ciclistica

Giro d'Italia. Organizzazione delle riprese

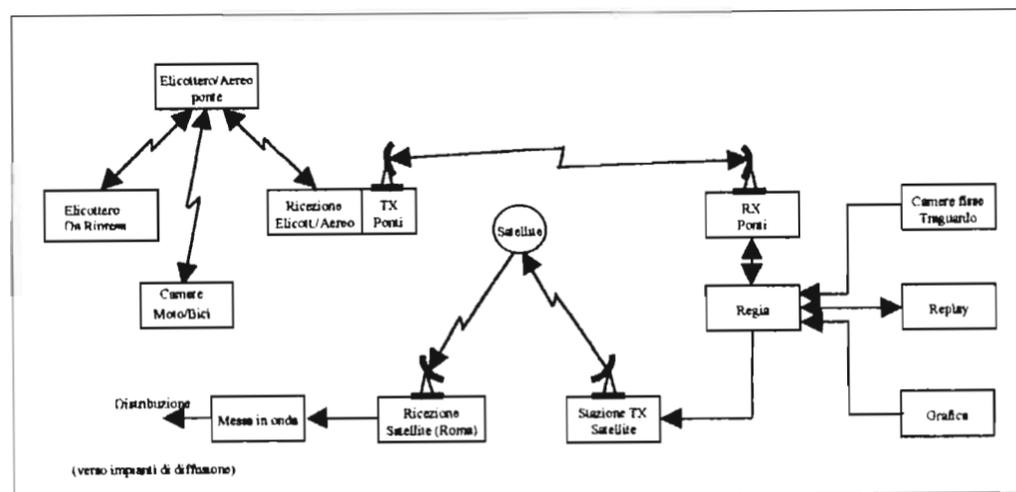



Tabella 1
Bande di frequenza utilizzate nei vari mezzi e servizi

Moto TV	2 /2,5 GHz
Moto cronaca radio e TV	VHF
Elicottero ripresa	2/2,5 GHz
Elicotteri ponte	7 GHz
Collegamenti di servizio e ritorno cronache	UHF

Va tenuto presente che, oltre ai collegamenti televisivi (video ed audio), devono essere realizzati collegamenti audio di servizio, per consentire al personale presente nei vari punti (moto, elicottero di ripresa, elicottero ponte, stazione ricevente di terra, regia al traguardo) di coordinarsi fra loro. Tali collegamenti sono altrettanto importanti di quelli TV, in quanto dalla loro efficienza dipende in misura notevole la riuscita delle riprese.

Le bande di frequenza utilizzate nei vari collegamenti sono riportate nella tabella 1:

3.1 Collegamento punti di ripresa in movimento - elicottero ponte - terra

In tali collegamenti, date le frequenze utilizzate, le sorgenti devono essere sempre in vista ottica con il sistema ricevente. Anche un piccolo ostacolo, quale ad esempio le foglie di una pianta, possono produrre in caso di pioggia sensibili attenuazioni sul segnale ricevuto; il problema è in questi casi risolvibile grazie alla bravura dei piloti, che devono costantemente seguire la corsa facendo in modo che l'elicottero resti sempre in vista ottica dei punti di ripresa e del punto di ricezione a terra. E' molto importante la scelta del luogo in cui installare detto punto di ricezione, scelta che richiede l'effettuazione di sopralluoghi accurati prima di ogni tappa. Nonostante tutte le precauzioni è in genere inevitabile qualche occasionale scroscio o perdita di segnale, che i sincronizzatori di quadro trasformano in fermo immagine (freeze), come hanno modo di costatare tutti i telespettatori.

Durante il Giro 1998 sono state utilizzate sette motociclette ed un elicottero da ripresa. Per inviare tutti i segnali video ed audio alla ricezione si sono quindi utilizzati due elicotteri ponte (più un terzo dedicato solo alle biciclette). In figura 2a è riportato lo schema a blocchi dei collegamenti TV. Come si può osservare la funzione dei due elicotteri ponte era la seguente:

– il primo trasmette due segnali TV, e cioè in modo fisso sul 1° canale il video della moto TV N°1, con relativo audio effetti, l'audio della moto cronaca TV 1 e della moto cronaca Radio 1, e su indicazione della regia, sul secondo canale, alternativamente la moto TV N°2 e l'elicottero da ripresa con relativi effetti audio.
– il secondo trasmette sul primo canale in modo fisso il video della moto TV N°3 con relativo effetto audio, l'audio delle moto cronaca TV 2 e cronaca Radio 2, e sul secondo canale alternativamente il video della moto TV N°2 e quello dell' elicottero da ripresa.

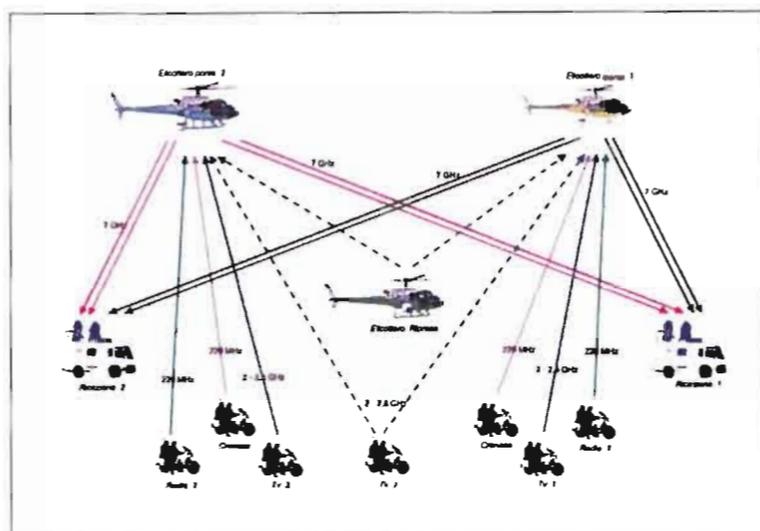



Fig. 2a - Schema a blocchi collegamenti audio/video per le riprese in movimento del Giro d'Italia 98

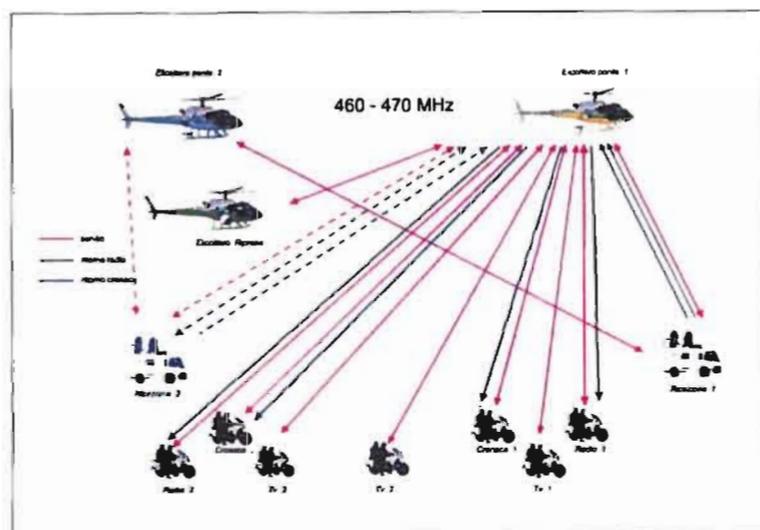



Fig. 2b - Schema a blocchi collegamenti servizi per le riprese in movimento per il Giro d'Italia 98

Come si è detto, molto importanti sono i collegamenti di servizio audio (interfono) fra vari punti operativi (motociclette, elicotteri, ricezione e regia). Lo schema relativo è riportato in figura 2b. La stazione ricevente, collegata mediante ponti bidirezionali con la regia posta al traguardo, trasferisce le comunicazioni ad un elicottero ponte (generalmente il primo, mentre il secondo funge da riserva attiva); l'elicottero ritrasmette a sua volta il segnale a tutte le moto ed all'elicottero da ripresa, i quali a loro volta tramite il ritorno sono in grado di colloquiare con tutti gli altri.

L'elicottero ponte che funge da riserva per i servizi normalmente viene collegato separatamente con la ricezione e la regia. Altri due fasci, rispettivamente dedicati al ritorno cronaca radio e TV, vengono ripetuti verso le rispettive motociclette, sempre dal primo elicottero, con il secondo adibito a riserva.

In caso di emergenza dovuta a cattivo tempo, per cui gli elicotteri ponte non si possono alzare o non possono fare la quota richiesta, per il Giro d'Italia 1998, il Centro Ricerche RAI ha provveduto a progettare un sistema ponte da installare su un aereo pressurizzato del tipo indicato in foto 3, in grado di volare ad alta quota in condizioni meteorologiche avverse. Esso è in grado di sostituire in pieno le funzioni dell'elicottero con la sola limitazione di avere un unico canale TV in discesa.

Il problema della guida dell'aereo durante il suo esercizio, data l'impossibilità per il pilota di vedere la posizione in cui stanno le moto, è stato risolto grazie ad un sistema di rilevamento mediante GPS (Global Positioning System, cioè sistema di rilevamento della posizione di oggetti in movimento mediante misura del tempo di propagazione dei segnali inviati all'oggetto

stesso da numerosi satelliti destinati al suddetto servizio). Un sistema di ricezione GPS viene inserito sulla moto, un altro sull'aereo; i dati relativi alla posizione della moto vengono trasferiti in VHF sull'aereo, dove vengono elaborati da un computer, mediante il quale il coopilota, osservando sul display la posizione dell'aereo e della moto su una normale cartografia, elabora i comandi da dare allo stesso aereo in modo da descrivere dei cerchi attorno alla sorgente a terra. Tale operazione consente di ricevere con sufficiente costanza i segnali televisivi e sempre i segnali audio delle cronache.

Foto 3 - Aereo ponte.

Durante il Giro '98 il sistema si è rivelato di importanza vitale ed ha consentito la trasmissione anche in casi di condizioni meteorologiche avverse. E' chiaro che la qualità del collegamento risulta un po' inferiore a quella ottenibile con l'elicottero, in quanto più numerose possono essere le interruzioni dovute agli ostacoli naturali ed alle stesse ali dell'aereo, le quali in particolari posizioni (quando la distanza tra l'aereo e la ricezione è superiore ai 25÷30 km) possono schermare i segnali trasmessi verso la ricezione a terra.

Altro problema di non facile soluzione che si incontra durante le riprese di un avvenimento sportivo che si svolge in un ambito territoriale esteso è costituito dall'occupazione indiscriminata delle frequenze. Ciò costringe giorno per giorno alla ricerca di canali liberi; può succedere che durante le riprese di una tappa si debbano cambiare molte volte le frequenze: ciò va fatto con la tempestività richiesta dalla diretta, il che richiede una notevole abilità da parte dei tecnici coinvolti.

3.2 Descrizione delle moto e bici

Nel 1994, si è iniziato il rinnovamento del sistema di riprese in movimento con la progettazione e realizzazione, presso il Centro Ricerche RAI, delle apparecchiature da installare a bordo delle nuove motociclette (foto 4).

In figura 3 è riportato lo schema a blocchi dell'impianto installato su tali moto. Contrariamente al passato, la filosofia adottata è stata quella di mettere a disposizione una moto in grado di esplicare tutte le funzioni richieste per le riprese radio-TV:

- ripresa e trasmissione segnali televisivi in diretta,
- ripresa e registrazione TV,

Foto 4 - Moto da ripresa.

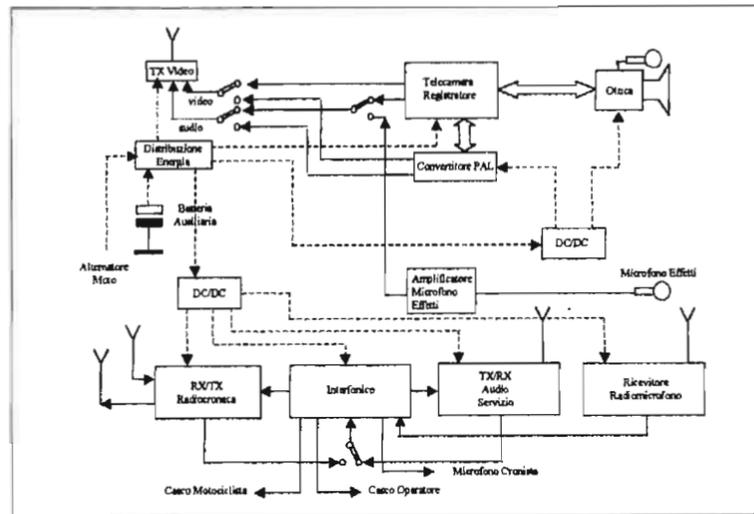



Fig. 3 - Schema a blocchi moto da ripresa.

– trasmissione di segnali TV registrati,
– radiocronaca radio e TV.

Come si può osservare in figura, l'alimentazione delle apparecchiature viene prelevata da una batteria ausiliaria connessa direttamente con il complesso alternatore e batteria della moto, in modo da avere in caso di avaria di quest'ultima una autonomia di almeno mezz'ora di trasmissione. Per eliminare gli eventuali disturbi, provocati da alternatore, accensione elettronica e sistema frenante ABS, tutti gli apparati sono alimentati tramite separatori (stabilizzatori switching), uno per i segnali audio ed uno per quelli video.

Foto 5 - Particolare dell'equipaggiamento delle moto da ripresa.

Nella borsa destra, sono inseriti: la circuiteria elettronica della telecamera ed il relativo registratore (fissati mediante opportuni ammortizzatori), il comando remoto e l'amplificatore del microfono effetti. In quella sinistra: la batteria ausiliaria, il distributore energia, il trasmettitore video con due sottoportanti audio, il ricetrasmettitore dell'audio di servizio ed il relativo interfono. Nella borsa posteriore, la cui struttura provvede anche a sostenere il palo su cui vengono montate l'antenna del trasmettitore video e l'antenna del ricetrasmettitore audio di servizio, oltre alla sistemazione del convertitore Y,U,V / PAL, utilizzato per i riversamenti di eventuali registrazioni, o dell'eventuale ricevitore per radiomicrofono, si è ricavato un alloggiamento per ricoverare eventuali cose personali dei motociclisti e operatori.
Tutte le borse sono state progettate e costruite presso il Centro Ricerche RAI. Il fissaggio alle moto viene eseguito mediante un telaio di interfacciamento (foto 5) ancorato al telaio delle moto mediante opportuni ammortizzatori.

Il ricetrasmettitore utilizzato per la cronaca di qualità, invece, è stato inserito nel vano portaoggetti sinistro della carenatura, mentre il vano destro viene occupato dal sistema di rilevamento della posizione del mezzo (GPS), relativa velocità e pendenza della strada. Le antenne per la cronaca sono installate: la ricevente sul cupolino para aria e quella trasmittente su un supporto ancorato anteriormente alla carenatura.

La struttura meccanica, grazie alla tecnica utilizzata, ha dimostrato in questi anni una grande robustezza ed affidabilità in caso di cadute, cosa più che normale nell'utilizzo in riprese sportive; inoltre ha permesso di avere una buona schermatura nei confronti dei disturbi prodotti dal motore e dagli accessori, e soprattutto dal sistema frenante ABS.

L'antenna del trasmettitore video, che è eguale a quelle riceventi installate sugli elicotteri e sull'aereo ponte, è del tipo up/down look con polarizzazione circolare e diagramma di irradiazione dell'ordine di 60 gradi a -3 dB.

L'ottica delle telecamere è, dato il particolare utilizzo, staccata dalla telecamera; in pratica la parte elettronica della camera ed il registratore sono inseriti nella borsa, mentre l'operatore effettua le riprese avendo in mano solo l'ottica ed il view-finder.

Durante il Giro d'Italia 1998, per vivacizzare le riprese della corsa, si è ricorso ad un interessante espediente per le riprese in movimento: si sono inserite su alcune biciclette delle microcamere (in posizioni diverse) che hanno permesso di riprendere la corsa da una visuale non possibile tramite l'utilizzo delle motociclette, che ovviamente non possono viaggiare in mezzo al gruppo. Per irradiare il segnale video verso l'elicottero ponte sono stati usati dei microtrasmettitori con potenza di circa 400mW ed antenne piatte, opportunamente sistemate posteriormente alla bici, sotto il sellino. Tutto il sistema di ripresa e trasmissione ne ha un peso inferiore ai 400 g compresa la batteria di alimentazione.

3.3 Descrizione elicottero ponte

Dal 1985 la RAI dispone di due sistemi ponte da installare sugli elicotteri. Tali sistemi ovviamente erano stati costruiti tenendo conto delle esigenze d'esercizio di tali anni e non erano in grado di soddisfare alle richieste di nuovi servizi e soprattutto di garantire una copertura su grandi distanze, come richiesto per il Giro d'Italia 1998. Si è pertanto provveduto a modificare i sistemi esistenti in modo da poter soddisfare a tutte le nuove richieste di collegamento ed effettuare trasmissioni da almeno 70-80 chilometri; parallelamente si è progettato e realizzato un nuovo sistema di collegamento ponte, come indicato in figura 4 (vedi anche foto 6). Alla fine dei lavori, si sono resi disponibili due sistemi, uno di vecchio tipo modificato ed uno nuovo. Le differenze tra i due sistemi riguardano la disponibilità di canali video ed audio ed i sistemi di puntamento delle antenne:

- nel primo caso, possono essere irradiati verso la ricezione due canali video, mediante antenne omnidirezionali sul piano orizzontale con una apertura del diagramma di irradiazione sul piano verticale di circa 15 gradi, con una disponibilità totale di quattro canali audio.
- nel secondo caso i segnali video salgono a quattro ed è reso possibile l'uso di un'antenna direttiva (apertura del diagramma d'irradiazione ±40 gradi sul piano verticale e ±7,5 gradi sul piano orizzontale), il che consente a parità di potenza irradiata di coprire distanze maggiori. La disponibilità di canali audio sale a quattro per ogni collegamento video.

Fig. 4 – Schema a blocchi impianto elicottero ponte.

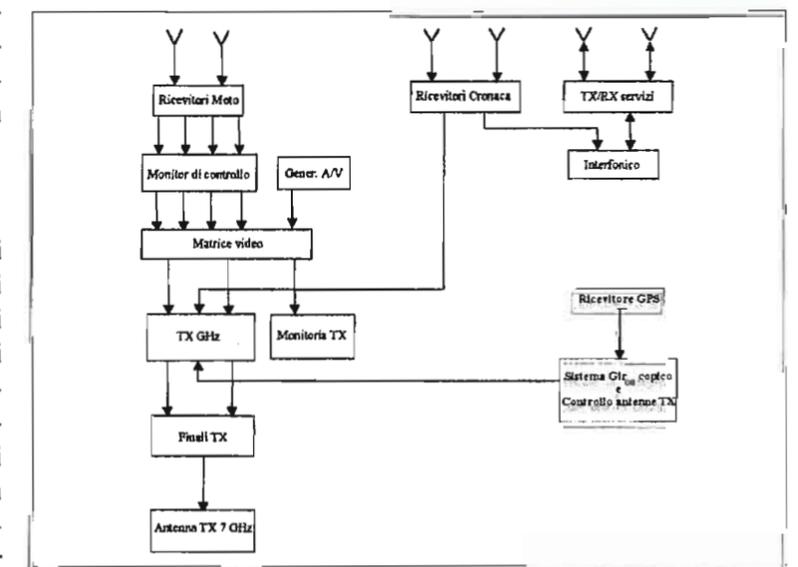



Foto 6 – Elicottero ponte nuovo.

Interessante, sull'elicottero ponte nuovo, è il sistema automatico di comando dell'antenna direttiva. Conoscendo le coordinate del punto di ricezione a terra, che vengono inserite prima di iniziare il collegamento, un elaboratore, sulla base dei dati forniti da un ricevitore GPS montato sullo stesso elicottero, da una bussola magnetica rigidamente posizionata rispetto alla prua e da una bussola giroscopica, comanda la posizione dell'antenna direttiva in modo che essa sia sempre rivolta verso il punto di ricezione. Grazie a questi accorgimenti ed al sistema di ricezione comandato direttamente dallo stesso elaboratore mediante un canale dati inserito come audio in sopportante sul canale TV, con la potenza disponibile sul TX, si riescono in condizioni di buona propagazione a coprire distanze di 120 km, assicurando una qualità video di almeno Q = 4,5.

3.4 Punti di ricezione

La filosofia utilizzata per la ricezione delle riprese in movimento, durante il Giro 1998, è consistita nell'avere il più possibile un solo punto di ricezione, possibilmente collegato direttamente con il traguardo. Solo in casi particolari, dettati dalla conformazione orografica della zona in cui era stabilito il traguardo, si è ricorso ad un punto intermedio di collegamento ponte radio e/o ad una doppia ricezione (in pratica nel 10% dei casi).

La ricezione principale era costituita da tre mezzi attrezzati:

- uno con tutti gli apparati per la ricezione dei mezzi in movimento ed i collegamenti con la regia al traguardo,
- uno (mezzo appoggio) per il trasporto degli apparati di riserva, il posizionamento delle antenne riceventi e con l'alloggiamento dei gruppi elettronici.
- uno per la ricezione dell'elicottero ponte delle biciclette.

Come detto, la ricezione dispone di due complessi per il collegamento con gli elicotteri ponte uno e due e per l'eventuale aereo. Il sistema di tipo vecchio è costituito da due antenne riceventi di tipo primo fuoco, con inseguimento automatico basato sull'intensità di campo; mentre il sistema nuovo consiste in una sola antenna ricevente, sempre ad inseguimento automatico,

Foto 7 - Disposizione mezzi di ricezione elicotteri al Passo Sella.

ma comandato direttamente dal sistema trasmittente, come detto al par. 3.3.

L'aggancio dei due sistemi è fatto: manualmente per il tipo vecchio, automaticamente per il tipo nuovo, semplicemente inserendo nell'elaboratore in ricezione i dati relativi alla posizione istantanea dell'elicottero.

Le foto 7 e 8 mostrano la disposizione dei mezzi in alcune località. Generalmente tali posti sono situati su alture, in modo da poter ricevere i segnali da più lontano possibile, ma in alcune località, come ad esempio a Lecce, non trovando in

Foto 8 - Disposizione mezzi di ricezione elicotteri al Lago Laceno.

Foto 9 - Ricezione con elevatore (Lecce).

natura posti elevati, si è ricorso al noleggio di un elevatore di 40 m (foto 9). In questo caso si è riusciti a fare un collegamento in condizioni ottimali e senza far superare agli elicotteri quote superiori ai 700 - 800 m.
In alcune tappe alpine, in cui si è trasmessa la corsa praticamente per intero, si è ricorso all'utilizzo di due o addirittura tre ricezioni. In questi casi (foto 10) le ricezioni supplementari, simili a quella principale come apparati, erano collegate alla regia al traguardo mediante satellite. Poiché per motivi di costo tale collegamento poteva trasmettere un solo segnale video, si è resa necessaria l'installazione presso la ricezione supplementare di una regia ausiliaria, presidiata da un aiuto regista, che aveva il compito di selezionare fra i vari segnali entranti quello da inviare alla regia al traguardo.

3.5 Servizi aggiuntivi

Nel 1998 il regista ha potuto disporre per la prima volta di alcuni servizi aggiuntivi, sia per la diretta della corsa che per le rubriche ed i telegiornali. Ci riferiamo ai servizi offerti dai seguenti apparati:
- l'EVS, cioè un video disco che funge da "virtual recorder", con possibilità istantanee di replay;
- il GPS (Global Positioning System), cioè il già citato sistema di ricevitori satellitari che consente di individuare le coordinate di un oggetto, anche in movimento, con una precisione di un centinaio di metri;
- il videoserver, per la costituzione della cosiddetta "teca calda", cioè un archivio di immagini sulla corsa e sui corridori, di immediata disponibilità, in quanto registrate su disco.

Le possibilità dell'EVS si adattano perfettamente alle esigenze del ciclismo. La registrazione contemporanea da tre fonti consente di rivedere lo scatto ripreso da diverse angolature (da moto e da elicottero). All'arrivo poi, poiché i protagonisti della corsa tagliano il traguardo in momenti successivi, è indispensabile poter preparare il ralenty del vincitore, continuando a registrare l'arrivo della maglia rosa o del vincitore del secondo sprint.
Il GPS, usato dai tecnici per il puntamento dell'antenna, può interessare anche il regista, in quanto consente di comprendere più a fondo la corsa attraverso la misurazione di alcuni parametri: posizioni, pendenze,

Foto 10 - Ricezione supplementare.

velocità, da cui possono scaturire previsioni di arrivo e di ricongiungimento. Alcuni di questi dati possono essere integrati nella ricostruzione grafica tridimensionale di parti del percorso. In questo primo tentativo, tuttavia, l'utilizzo registico del GPS è stato assai modesto.
Essenziale invece si è rivelato il videoserver per la creazione di un catalogo dei protagonisti e degli eventi. Questo archivio, tenuto costantemente aggiornato con l'aggiunta di nuove immagini, è stato utilizzato da più stazioni operative. Questo ha consentito ad esempio "moviole" immediate durante il "processo alla tappa", la selezione degli "high lights" e la copertura dei servizi giornalistici per le varie edizioni dei TG.

4. Conclusioni

A completamento del capitolo precedente, in cui è stato descritto l'apparato produttivo messo in piedi dalla RAI per il Giro d'Italia 1998, si riporta nella tabella 2 il confronto fra le attrezzature utilizzate nel 1998 e quelle utilizzate nel 1992 (ultimo giro ripreso dalla RAI prima che le riprese venissero affidate alla Fininvest).

L'apparato produttivo per le riprese in movimento messo in piedi dalla RAI per il giro d'Italia '98 è stato ulteriormente potenziato in occasione del giro '99. In particolare:

- è stata aggiunta una moto di ripresa TV (moto 4),
- è stato ottimizzato il diagramma di irradiazione delle antenne riceventi nelle stazioni di ricezione a terra in funzione delle riflessioni,
- è stata installata in regia una linea di ritardo video di circa 3 sec, grazie alla quale il regista poteva intervenire per evitare gli scrosci in onda, commutando su un altro segnale,
- è stato aggiunto un secondo interfono per le comunicazioni tecniche tra gli elicotteri ponte e la stazione di ricezione a terra.

L'uso della quarta moto, impiegata normalmente come telecamera ferma, posizionata ai bordi della strada, merita di essere approfondito.
La nostra premessa sul ciclismo come esperienza mass-mediologica e non diretta è fondamentale per capire il ciclismo televisivo. È pur vero che questo ciclismo da teleschermo, frutto della tecnologia delle

riprese in movimento, perde la sensazione del ciclismo originario, quello visto per un momento sul ciglio delle strade. La quarta moto, ferma, può recuperare questa prima emozione. Può posizionarsi al traguardo volante o al gran premio della montagna; sull'ultimo tornante, nella curva pericolosa, in mezzo alla gente, davanti ad una chiesa o ad un monumento, semplicemente al bordo della strada per "veder passare" (invece di "accompagnare") la corsa.

È una rottura degli schemi delle riprese in movimento.

L'apparato produttivo RAI precedentemente descritto non ha rivali in Italia e può degnamente competere, sia in termini di prestazioni che di costi, con quanto possono mettere in campo i broadcaster stranieri.

Tabella 2
Bande di frequenza utilizzate nei vari mezzi e servizi

Giro 1992	Giro 1998
Regie	
1 regia	1 regia internazionale
	1 regia nazionale per personalizzazione e Processo alla tappa
	1 regia programmi del mattino
Riprese in movimento	
1 elicottero ponte	2 elicotteri ponte
1 elicottero da ripresa	1 elicottero da ripresa
2 moto da ripresa	3 moto da ripresa
	2 moto cronaca TV
	2 moto cronaca radio
	2 microcamere su bici
	1 aereo ponte
Percorso oggetto delle riprese	
ultimi 30 chilometri circa	ultimi 70 chilometri circa
Riprese all'arrivo	
3 telecamere	7 telecamere
1 radiocamera	2 radiocamere
	2 microcamere
Riprese ENG	
1 ENG in corsa	2 ENG in corsa
1 ENG all'arrivo	2 ENG all'arrivo
Replay e montaggio	
3 VTR	7 VTR
1 operatore	1 EVS
	2 operatori
	4 montaggi per Giro e Processo
	1 montaggio1 montaggio per programmi del mattino
Servizi aggiuntivi	
1 sistema grafico/informatico	1 sistema grafico/informatico
	1 sistema teca calda
	1 sistema GPS
Stazioni Satellite	
Da 2 stazioni (1 internazionale, 1 nazionale) fino a 4 in caso di tappe alpine	

n°1 1998

NUMERO SPECIALE

RAPPORTO SCIENTIFICO SULLA SINDONE

di Nello Balossino

- **L'immagine fotografica**
- **Studi medico legali**
- **L'elaborazione con strumenti informatici**
- **Studio dei pollini presenti sul telo**
- **Le principali ipotesi di genesi dell' immagine**
- **La datazione con il carbonio 14**
- **La probabilità applicata all'immagine**
- **La storia della Sindone**
- **Bibliografia**

Per abbonamenti e numeri arretrati:
LICOSA
Via Duca di Calabria, 1/1
50125 Firenze
Tel. 055/645415
Fax 055/641257

Versamenti
LICOSA - Firenze
ccp.343509

Copia arretrata £ 20.000
estero £ 27.000

Abbonamento annuale
£ 30.000
estero £ 50.000

n°2/3 1998

NUMERO SPECIALE

LA MUSICA E L'ELETTRONICA

Da "Elettronica" del 1956

- **Lo studio di Fonologia Musicale di Radio Milano** di Gino Castelnuovo
- **Prospettive nella musica** di Luciano Berio
- **Gli impianti tecnici dello Studio di Fonologia Musicale di Radio Milano** di Alfredo Lietti
- **Fondamenti acustico-matematici della composizione elettrica dei suoni** di Werner Meyer-Eppler
- **Problemi di regia radiofonica** di Werner Meyer-Eppler

La nuova Radio
di Marco Tuzzoli

Verso il futuro
di Massimiliano Cristiani
e Mario Pascucci

Approdo a Nuova Atlantide
di Luciana Galliano